COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1901.

PRÉSIDENCE DE M. FOUQUÉ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le pouvoir refroidissant d'un courant liquide ou gazeux;* par M. J. Boussinesq.

« I. Une Note du 10 juin dernier (*Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 1382) a eu pour objet le phénomène de convection calorifique le plus ordinaire, dans les circonstances où l'on évite toute cause de courants autre que l'excédent même a de température du corps chauffé sur la masse fluide indéfinie qui l'entoure. Mais il existe un autre cas de convection non moins fréquent, et paraissant un peu plus simple, savoir, le cas contraire où un corps chaud a sa chaleur, que l'on renouvelle sans cesse, emportée d'une manière permanente par un courant fluide, indéfini en tous sens, au sein duquel on le suppose immergé, courant rectiligne et uniforme (d'une vitesse

connue v) aux distances du corps assez grandes pour que les perturbations causées par sa présence ne s'y étendent pas.

» Supposons alors la vitesse, v, du courant, suffisante pour annihiler l'effet, sur les mouvements visibles, de la petite modification $\rho\gamma\theta$ du poids spécifique du fluide, due à l'échauffement θ. Nous pourrons faire $\gamma = 0$ dans les équations indéfinies (1) du mouvement ([1]); mais, par contre, les trois d'entre les relations définies (4) qui concernent les valeurs de u, v, w à l'infini deviendront moins simples et seront

$$(12) \quad \text{(aux distances infinies de l'origine)} \quad u = \mathrm{v}l, \quad v = \mathrm{v}m, \quad w = \mathrm{v}n,$$

si l, m, n désignent les trois cosinus directeurs du courant général, de vitesse v.

» II. Dès lors, les équations tant indéfinies que définies relatives à u, v, w, P se trouveront entièrement *séparées* de celles qui concernent la température θ, ou seront les mêmes que si l'on avait $a = 0$, $\theta = 0$; de sorte que les mouvements du fluide autour du corps chaud se détermineront uniquement par les données relatives au courant général et à la configuration du corps.

» D'ailleurs, les vitesses u, v, w seront partout proportionnelles à v, et la pression non hydrostatique P, proportionnelle à $\rho \mathrm{v}^2$. En effet, si, pour embrasser, de plus, le cas de corps semblables, où i désignera le rapport de similitude, et dont l'équation commune sera

$$f\left(\frac{x}{i}, \frac{y}{i}, \frac{z}{i}\right) = 0,$$

nous posons, par analogie avec sept des formules (5),

$$(13) \quad \left\{ \begin{array}{llll} \xi = \dfrac{x}{i}, & \eta = \dfrac{y}{i}, & \zeta = \dfrac{z}{i}, & \\ u = \mathrm{v}U, & v = \mathrm{v}V, & w = \mathrm{v}W, & P = \rho \mathrm{v}^2 \Pi, \end{array} \right.$$

les équations tant indéfinies que définies relatives à u, v, w, P deviendront :

$$(14) \quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{dU}{d\xi} + \dfrac{dV}{d\eta} + \dfrac{dW}{d\zeta} = 0, \\ \dfrac{d\Pi}{d(\xi, \eta, \zeta)} = -U \dfrac{d(U, V, W)}{d\xi} - V \dfrac{d(U, V, W)}{d\eta} - W \dfrac{d(U, V, W)}{d\zeta}; \\ \quad [\text{pour } f(\xi, \eta, \zeta) = 0] \quad \lambda U + \mu V + \nu W = 0, \\ (\text{pour } \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2} \text{ infini}) \quad (U, V, W) = (l, m, n) \quad \text{et} \quad \Pi = 0. \end{array} \right.$$

([1]) Équations de la Note citée du 10 juin.

» Ainsi, autour de tous les corps semblables, immergés dans des courants de même orientation par rapport à eux et de rapidités diverses v, les vitesses u, v, w seront les produits de v par les mêmes fonctions U, V, W des variables ξ, η, ζ, c'est-à-dire des rapports $\frac{x}{i}$, $\frac{y}{i}$, $\frac{z}{i}$, définissant, chez tous, les points homologues; et la pression non hydrostatique P sera également, autour d'eux, le produit de ρv^2 par une même fonction Π de ces trois rapports.

» III. Mais voyons maintenant ce que donneront les équations en θ, devenues

$$(15)\quad \left\{\begin{array}{c} U\frac{d\theta}{d\xi}+V\frac{d\theta}{d\eta}+W\frac{d\theta}{d\zeta}=\frac{K}{Cvi}\left(\frac{d^2\theta}{d\xi^2}+\frac{d^2\theta}{d\eta^2}+\frac{d^2\theta}{d\zeta^2}\right), \\ [\text{pour } f(\xi,\eta,\zeta)=0] \qquad \theta=a, \\ (\text{pour } \sqrt{\xi^2+\eta^2+\zeta^2} \text{ infini}) \qquad \theta=0, \end{array}\right.$$

et où U, V, W seront trois fonctions, *censées connues* désormais, de ξ, η, ζ.

» Ces équations sont linéaires, avec trois coefficients U, V, W généralement variables. Malgré cette dernière circonstance, elles se trouvent évidemment plus simples que celles de ma Note du 10 juin.

» On voit, en les divisant par a, qu'elles contiennent seulement le rapport $\frac{\theta}{a}$; et, d'ailleurs, il n'y figure, pour tous les corps semblables, que le paramètre $\frac{K}{Cvi}$. Il en serait de même si la température de la surface du corps, au lieu d'être uniformément a, était le produit d'une valeur moyenne, a, par une fonction *donnée* F de ξ, η, ζ. Ainsi l'on aura, en appelant Θ une certaine fonction de quatre variables, liée à F,

$$(16)\qquad \theta=a\Theta\left(\xi,\eta,\zeta,\frac{K}{Cvi}\right)=a\Theta\left(\frac{x}{i},\frac{y}{i},\frac{z}{i},\frac{K}{Cvi}\right).$$

» IV. Le flux calorifique $K\left(\lambda\frac{d\theta}{dx}+\mu\frac{d\theta}{dy}+\nu\frac{d\theta}{dz}\right)$, émis par l'unité d'aire des corps considérés, admettra dès lors, *aux points homologues de tous ces corps*, l'expression

$$(17)\quad F=\frac{Ka}{i}\left(\lambda\frac{d\Theta}{d\xi}+\mu\frac{d\Theta}{d\eta}+\nu\frac{d\Theta}{d\zeta}\right)=\frac{Ka}{i}\times \text{une fonction de } \frac{K}{Cvi}.$$

» Le flux émis varie donc d'une manière généralement complexe avec le produit Cv de la capacité calorifique C du courant par sa vitesse v, et

avec le quotient $\frac{K}{i}$ de sa conductibilité K par le rapport i de similitude; mais, en revanche, *il est simplement proportionnel à l'excès a de température du corps*.

» C'est ce qu'avait sans doute pressenti Newton dans l'énoncé de sa loi de refroidissement; car il la réduisait expressément au cas des corps exposés à un courant d'air *uniforme*.

» V. Les équations (15) en θ étant linéaires, on peut espérer les intégrer, du moins dans quelques cas.

» Le plus simple de ceux-ci est celui d'un plateau mince, limité d'un côté par un bord, indéfini suivant les autres sens et parallèle au courant, qui l'atteindra par son bord et que nous supposerons d'abord le parcourir perpendiculairement à ce bord, rectiligne pour fixer les idées. En prenant le bord même pour axe des y, un axe des x normal au plateau et l'axe des z suivant le courant, le plateau couvrira, de $z = 0$ à $z = \infty$, le plan $x = 0$; et, le courant n'étant évidemment pas troublé, les composantes u, v, w de sa vitesse seront partout 0, 0, v. L'on aura donc $U = 0$, $V = 0$, $W = 1$. Si l'on appelle d'ailleurs $aF(z)$, entre les limites $z = 0$, $z = \infty$, la température donnée θ du plateau, et, de $z = -\infty$ à $z = 0$, la température, sensiblement nulle, du fluide sur le prolongement amont du plan du plateau, les équations (15), où nous remettrons x, y, z au lieu de ξ, η, ζ, seront

$$(18)\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{d\theta}{dz} = \dfrac{K}{C\mathrm{v}}\left(\dfrac{d^2\theta}{dx^2} + \dfrac{d^2\theta}{dz^2}\right), \\ (\text{pour } x = 0) \quad \theta = aF(z), \qquad (\text{pour } x = \pm\infty) \quad \theta = 0. \end{array} \right.$$

» Considérons ce système d'équations du côté, par exemple, des x positifs; et supposons, en outre, la vitesse v du courant suffisante, pour limiter l'échauffement (sensible) θ du fluide aux petites distances x du plateau, de sorte que la dérivée seconde de θ en z soit négligeable à côté de la dérivée analogue de θ en x. Alors l'intégrale, bien connue [1], du système (18) est, sous forme d'intégrale définie,

$$(19)\qquad \theta = a\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty F\left(z - \frac{C\mathrm{v}}{K}\,\frac{x^2}{2\alpha^2}\right)e^{-\frac{\alpha^2}{2}}\,d\alpha.$$

---

[1] Voir, par exemple, le tome II (*Compléments*, p. 469*) de mon *Cours d'Analyse infinitésimale pour la Mécanique et la Physique*.

» On en déduit, notamment,

$$\frac{d\theta}{dx} = -a\frac{\mathrm{C}v}{\mathrm{K}}\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^\infty \mathrm{F}'\left(z - \frac{\mathrm{C}v}{\mathrm{K}}\frac{\alpha^2}{2}\right)e^{-\frac{x^2}{2\alpha^2}}\,d\alpha.$$

» VI. Prenons cette dernière formule à la limite $x = 0$, pour l'introduire dans l'expression $-\mathrm{K}\frac{d\theta}{dx}$ du flux F émis par l'unité d'aire du plateau. Si nous choisissons, au lieu de la variable d'intégration α, la variable

$$\beta = \alpha\sqrt{\frac{\mathrm{C}v}{2\mathrm{K}}},$$

et même, enfin, une nouvelle variable Z, définie par la relation $z - \beta^2 = \mathrm{Z}$, nous aurons successivement

$$(20) \qquad \mathrm{F} = 2a\sqrt{\frac{\mathrm{KC}v}{\pi}}\int_0^\infty \mathrm{F}'(z-\beta^2)\,d\beta = \sqrt{\frac{\mathrm{KC}v}{\pi}}\int_{-\infty}^{z}\frac{a\mathrm{F}'(\mathrm{Z})\,d\mathrm{Z}}{\sqrt{z-\mathrm{Z}}}.$$

» *Ce flux* F *est* donc, toutes choses égales d'ailleurs, *proportionnel à l'excès moyen, a, de température du corps et à la racine carrée du produit de la conductibilité* K *du courant par la capacité calorifique* C *de son unité de volume et par sa vitesse* v.

» Considérons la dernière expression (20) de F; et, appelant θ_0 l'excès $a\mathrm{F}(\mathrm{Z})$ de température du plateau, ou du fluide dans son plan, tout le long de la parallèle d'abscisse Z à son bord, observons que $a\mathrm{F}'(\mathrm{Z})d\mathrm{Z}$ est l'accroissement $d\theta_0$ qu'éprouve la température *sur le plan du plateau*, entre cette parallèle, située à la distance $\delta = z - \mathrm{Z}$ en amont de la parallèle même, d'abscisse z, sur laquelle on évalue le flux F, et la parallèle suivante, d'abscisse $\mathrm{Z} + d\mathrm{Z}$. Le flux peut donc encore s'écrire

$$(21) \qquad \mathrm{F} = \sqrt{\frac{\mathrm{KC}v}{\pi}}\sum\frac{d\theta_0}{\sqrt{\delta}};$$

et chaque *saut* $d\theta_0$ que fait la température *sur le plan du plateau, en amont* du point considéré où l'on évalue le flux F, contribue à ce flux, pour une part proportionnelle au saut $d\theta_0$ lui-même et inverse de la racine carrée de la distance δ à laquelle il se produit.

» VII. Si, l'axe des z étant toujours pris sur le plateau, dans le sens du courant, et l'axe des x suivant la normale, le plateau avait son bord, non plus parallèle aux y, mais découpé d'une manière quelconque, et sa température, θ_0, non plus constante sur toute perpendiculaire au courant,

mais variable avec y, ou que, en un mot, la fonction $a\mathrm{F}(z)$ devînt $a\mathrm{F}(y,z)$ (en s'annulant toujours pour $z=-\infty$), les formules (19), (20), (21) resteraient les mêmes, à part la présence du *paramètre* accessoire y dans la fonction F et dans sa dérivée F′ relative à sa variable principale. Alors, en effet, au second membre de la première équation (18), la parenthèse $\Delta_2\theta$ s'accroît de la dérivée seconde de θ en y; mais celle-ci n'y est pas moins négligeable que la dérivée analogue de θ en z. Et l'intégration approchée du système (18) continue à se faire, dans chaque plan mené suivant le courant normalement au plateau, sans qu'on ait à savoir ce qui se passe à côté.

» La formule (21) du flux F contient donc encore, d'une part, les accroissements successifs, $d\theta_0$, de température du filet fluide aboutissant au point pour lequel on l'évalue et, d'autre part, les parcours respectifs, δ, du même filet, depuis les endroits où se produisent, en amont de ce point, les accroissements dont il s'agit, jusqu'à son arrivée à celui-ci. »

CORRESPONDANCE.

L'**Académie royale de Belgique** adresse l'expression de sa profonde condoléance à l'occasion de la mort de M. *de Lacaze-Duthiers*, notre Confrère, qu'elle s'honorait de compter parmi ses Associés.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, deux Volumes portant pour titre : « Congrès géologique international; Comptes rendus de la huitième session, en France, 1900 ». (Présentés par M. Albert Gaudry.)

M. Albert Gaudry annonce que le prochain Congrès géologique international aura lieu à Vienne (Autriche) en 1903.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation lumineuse de la planète Éros. Durée de la période. Points tropiques.* Note de M. **Ch. André**, présentée par M. Lœwy.

« J'ai l'honneur d'adresser à l'Académie les résultats des mesures des variations lumineuses de la planète Éros, faites à l'observatoire de Lyon depuis le 20 février 1901.

» Chaque jour où cela a été possible, trois observateurs, MM. Guillaume, Le Cadet et Luizet, ont, indépendamment les uns des autres et en moyenne à cinq minutes d'intervalle, déterminé par la méthode des degrés l'éclat d'Éros par rapport à des étoiles voisines convenablement choisies : de chaque série d'observations, on a déduit isolément par le procédé de Pogson les heures des minima et des maxima.

» Une remarque importante à faire d'abord, c'est que la détermination des heures des minima a toujours été beaucoup plus précise que celle des heures des maxima : l'erreur moyenne d'une observation isolée étant de $\pm 0^j,0023 = \pm 3^m,3$ pour les premiers et $\pm 0^j,0050 = \pm 7^m,2$ pour les seconds. Aussi, en ce qui concerne les heures des points tropiques, je me bornerai à la considération des seuls minima.

Période. — De l'ensemble des observations, et à l'aide des minima impairs, on déduit pour durée de la période

$$0^j,21962 = 5^h\,16^m\,15^s,2.$$

Avec cette durée, et par la formule

$$1901 \text{ février } 20.\ 7^h\,56^m + 5^h\,16^m\,15^s,2\,E,$$

ou en valeurs de la période julienne

$$2\,145\,436^j,330 + 0^j,21962\,E,$$

E désignant le nombre de périodes écoulées depuis l'origine, on a calculé les époques théoriques m_1c des minima impairs successifs. Le Tableau suivant donne les différences entre les minima m_1 calculés et les époques observées des minima des deux ordres m_1 et m_2.

E.	Jours Juliens (T. M. P.) m_1 calculé.	$m_{1,0}-m_{1,c}$.	$m_{2,0}-m_{1,c}$.	Observateur.
	j	j	j	
0	2415436,330	0,000	0,121	J. G.
0		000	122	L. C.
0		+ 003	121	M. L.
4	437,208		122	J. G.
			121	L. C.
4			120	M. L.
5	437,428	— 2		J. G.
5		— 1		L. C.
5		— 2		M. L.
9	438,307	+ 3	117	J. G.

E.	Jours Juliens (T. M. P.) m_1 calculé.	$m_{1,0}-m_{1,c}$.	$m_{2,0}-m_{1,c}$.	Observateur.
	j	j	j	
9	2415438,307	+0,003	0,118	L. C.
9		+ 3	118	M. L.
13	439,185		119	J. G.
13			117	L. C.
13			118	M. L.
14	439,405	— 2		J. G.
14		— 2		L. C.
14		— 1		M. L.
23	441,381	0	120	J. G.
23		+ 1	119	L. C.

E.	Jours Juliens (T. M. P.) m_1 calculé.	$m_{1,o}-m_{1,c}$.	$m_{2,o}-m_{1,c}$.	Observateur.	E.	Jours Juliens (T. M. P.) m_1 calculé.	$m_{1,o}-m_{1,c}$.	$m_{2,o}-m_{1,c}$.	Observateur.
	j	j	j			j	j	j	
23	2415441,381	0,000	0,120	M. L.	168	2415473,226		0,110	M. L.
27	442,260		121	J. G.	219	484,427	+0,003		J. G.
27			121	L. C.	219		— 1		M. L.
27			122	M. L.	223	485,305		110	J. G.
32	443,358	— 2	114	L. C.	223			108	M. L.
32		— 2	116	M. L.	246	490,357	+ 3		J. G.
73	452,362	— 6	115	J. G.	246		— 4		L. C.
73		— 2		L. C.	246		— 1		M. L.
73		— 4	116	M. L.	255	492,333	0	113	J. G.
77	453,241		117	J. G.	255		0	112	M. L.
77			121	M. L.	260	493,431	— 2		J. G.
168	473,226		111	J. G.	260		+ 1		M. L.

» La troisième colonne de ce Tableau montre que ces différences, la plupart du temps nulles, ne surpassent jamais quatre minutes : l'origine et la durée de la période adoptées sont donc bonnes.

» *Points tropiques*. — La colonne $(m_{2,o} - m_{1,c})$ conduit aux deux résultats suivants :

» 1° Du 20 février au 9 mars inclus, c'est-à-dire pendant un intervalle de 77 périodes, la différence $(m_2 - m_1)$, quoique allant progressivement en décroissant, peut être considérée comme égale en moyenne à

$$m_2 - m_1 = 0^j,1190 \pm 0^j,0005 = 2^h 51^m,4 \pm 0^m,7,$$

la différence $(m_3 - m_2)$ étant égale à

$$0^j,1006 = 2^h 24^m,9.$$

Ce qui montre bien l'existence, à cette époque, de deux branches distinctes dans la courbe de variation lumineuse.

» 2° Le 29 mars, après une interruption très regrettable due au mauvais état du ciel, cette différence $(m_2 - m_1)$ n'est plus que de

$$m_2 - m_1 = 0^j,1107 \pm 0^j,0008 = 2^h 39^m,4 \pm 1^m,1$$

inférieure de $0^j,0083 = 12^m,0$ à la valeur précédente.

» Ainsi, au 29 mars, le minimum pair m_2 s'était rapproché du minimum impair m_1 précédent; si bien qu'alors les minima successifs d'ordre pair et impair se produisaient à des intervalles de temps sensiblement égaux :

$$0^j,1107 \text{ pour } (m_2 - m_1) = 2^h 39^m,4$$

et

$$0^j,1089 \text{ pour } (m_3 - m_2) = 2^h 36^m,8.$$

» Étant donné le soin avec lequel ont été faites les observations et le contrôle que donne la simultanéité d'observations indépendantes, on est autorisé à considérer ce changement de la courbe lumineuse comme absolument certain. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces susceptibles d'une déformation continue avec conservation d'un système conjugué.* Note de M. **A. Demoulin.**

« Dans des Notes récentes, insérées aux *Comptes rendus*, MM. Tzitzéica et Egorov se sont occupés de la détermination des surfaces susceptibles d'une déformation continue avec conservation d'un système conjugué. Je me propose de montrer que la principale difficulté qu'offre ce problème consiste dans l'intégration d'une équation aux dérivées partielles qui, dans le cas général, est du quatrième ordre, et, dans des cas particuliers, du troisième ou du deuxième ordre.

» La recherche des surfaces considérées comprend deux problèmes bien distincts.

» Il faut d'abord déterminer tous les réseaux sphériques pour lesquels

$$\frac{\partial}{\partial\alpha}\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}=\frac{\partial}{\partial\beta}\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}=2\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix},$$

les symboles de Christoffel étant construits avec le ds^2 de la sphère exprimé au moyen des paramètres α, β des deux familles.

» A chacun de ces réseaux, il correspond une infinité de surfaces satisfaisantes : ce sont toutes celles qui possèdent un réseau conjugué ayant pour image sphérique le réseau en question. On les obtient en intégrant une équation linéaire du second ordre.

» La principale difficulté du problème consiste donc dans la détermination des réseaux sphériques satisfaisant aux conditions ci-dessus, qui ont été indiquées d'abord par M. Cosserat. Je les appellerai les réseaux C. M. Bianchi a observé que tout réseau C est la représentation sphérique des asymptotiques d'une surface pour laquelle la courbure totale exprimée en fonction des paramètres des asymptotiques a pour valeur $-[f(\alpha)+\varphi(\beta)]^{-2}$. Il suit de là qu'il revient au même de déterminer les réseaux C ou de résoudre la question suivante : Trouver toutes les équations de la forme $\theta''_{\alpha\beta}=k\theta$ possédant trois solutions θ_1, θ_2, θ_3 telles que

$$\theta_1^2+\theta_2^2+\theta_3^2=f(\alpha)+\varphi(\beta).$$

» Cette remarque a été formulée par M. Egorov; nous l'avions faite de notre côté et elle va nous conduire à l'équation dont dépend le problème.

» Il y a trois cas à distinguer : ou bien les fonctions $f(\alpha)$ et $\varphi(\beta)$ dépendent effectivement de leurs arguments respectifs, ou bien une d'elles est constante, ou bien toutes deux le sont. Par un choix convenable des variables, il sera toujours permis de poser, dans le premier cas, $f(\alpha) = \alpha$, $\varphi(\beta) = \beta$ et, dans le deuxième cas, $f(\alpha) = 0$, $\varphi(\beta) = \beta$.

» *Premier cas.* — De l'équation

$$\sum \theta_i^2 = \theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 = \alpha + \beta,$$

on déduit, en dérivant par rapport à α et par rapport à β,

$$\sum \frac{\partial\theta_i}{\partial\alpha}\frac{\partial\theta_i}{\partial\beta} = -k(\alpha+\beta). \tag{1}$$

On a, d'autre part,

$$\frac{\partial}{\partial\beta}\sum\left(\frac{\partial\theta_i}{\partial\alpha}\right)^2 = k, \tag{2}$$

$$\frac{\partial}{\partial\alpha}\sum\left(\frac{\partial\theta_i}{\partial\beta}\right)^2 = k. \tag{3}$$

Posons

$$\theta_1 = c\sqrt{\alpha+\beta}, \qquad \theta_2 = c'\sqrt{\alpha+\beta}, \qquad \theta_3 = c''\sqrt{\alpha+\beta};$$

c, c', c'' seront les coordonnées du point (α, β) de la sphère qui renferme le réseau C cherché.

» En portant ces valeurs de θ_1, θ_2, θ_3 dans les équations (1), (2) et (3), on trouve

$$\frac{1}{4(\alpha+\beta)} + (\alpha+\beta)\sum\frac{\partial c}{\partial\alpha}\frac{\partial c}{\partial\beta} = -k(\alpha+\beta), \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial\beta}\left[\frac{1}{4(\alpha+\beta)^2} + (\alpha+\beta)\sum\left(\frac{\partial c}{\partial\alpha}\right)^2\right] = k,$$

$$\frac{\partial}{\partial\alpha}\left[\frac{1}{4(\alpha+\beta)^2} + (\alpha+\beta)\sum\left(\frac{\partial c}{\partial\beta}\right)^2\right] = k.$$

» Pour pouvoir intégrer les deux dernières équations, nous poserons $k = \frac{\partial^2\sigma}{\partial\alpha\,\partial\beta}$, et il viendra, les fonctions $\lambda(\alpha)$ et $\mu(\beta)$ étant arbitraires,

$$\frac{1}{4(\alpha+\beta)^2} + (\alpha+\beta)\sum\left(\frac{\partial c}{\partial\alpha}\right)^2 = \frac{\partial\sigma}{\partial\alpha} + \lambda(\alpha), \tag{5}$$

$$\frac{1}{4(\alpha+\beta)^2} + (\alpha+\beta)\sum\left(\frac{\partial c}{\partial\beta}\right)^2 = \frac{\partial\sigma}{\partial\beta} + \mu(\beta). \tag{6}$$

» Les équations (4), (5) et (6), résolues par rapport à $\sum\left(\frac{\partial c}{\partial \alpha}\right)^2$, $\sum\frac{\partial c}{\partial \alpha}\frac{\partial c}{\partial \beta}$, $\sum\left(\frac{\partial c}{\partial \beta}\right)^2$ conduisent à cette forme simple du ds^2 de la sphère

$$\text{(A)} \qquad ds^2 = \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}}{\alpha+\beta}\, d\alpha^2 - 2\,\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \alpha\, \partial \beta}\, d\alpha\, d\beta + \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial \beta}}{\alpha+\beta}\, d\beta^2.$$

» La fonction φ satisfait à une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre qu'on obtient en exprimant que la courbure totale de la sphère est égale à l'unité. Réciproquement, à toute solution de cette équation il correspond un réseau C, et un seul.

» On peut, en raisonnant comme il suit, établir la formule (A) plus rapidement que par la méthode indiquée plus haut ([1]). Tout réseau C, on l'a vu, est la représentation sphérique des asymptotiques d'une surface dont la courbure totale égale $-\frac{1}{(\alpha+\beta)^2}$. Si donc on écrit le ds^2 de la sphère

$$ds^2 = e\, d\alpha^2 + 2f\, d\alpha\, d\beta + g\, d\beta^2,$$

on aura, en vertu de formules connues,

$$\frac{f\frac{\partial e}{\partial \beta} - e\frac{\partial g}{\partial \alpha}}{eg - f^2} = \frac{1}{\alpha+\beta}, \qquad \frac{f\frac{\partial g}{\partial \alpha} - g\frac{\partial e}{\partial \beta}}{eg - f^2} = \frac{1}{\alpha+\beta},$$

et il suffira de poser, dans ces équations, $f = \frac{\partial^2 \psi}{\partial \alpha\, \partial \beta}$, pour retrouver la formule en question.

» *Deuxième cas.* — En procédant comme plus haut, on obtient cette forme définitive du ds^2 de la sphère

$$\text{(B)} \qquad ds^2 = e^\beta\left(d\alpha^2 + 2\,\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\, d\alpha\, d\beta + \varphi\, d\beta^2\right).$$

» L'inconnue φ vérifie une équation du troisième ordre qui s'écrit, avec les notations de Monge,

$$\frac{\partial s}{\partial \alpha}(\varphi - p^2) + \left(r - \tfrac{1}{2}\right)\left(ps - \frac{q}{2}\right) = e^\beta(\varphi - p^2)^2.$$

» Cette équation admet des solutions fonctions de l'argument $m\alpha + e^\beta$.

» Enfin, il est bien connu que, dans le *troisième cas*, le ds^2 de la sphère

---

([1]) Nous avons cependant fait connaître cette méthode, parce qu'elle s'applique à d'autres problèmes et notamment aux suivants : *Trouver toutes les équations de la forme* $\theta''_{\alpha\beta} = k\theta$ *admettant quatre solutions dont la somme des carrés égale un, ou bien admettant trois solutions dont la somme des carrés égale une fonction donnée de* k.

prend la forme

(C) $$ds^2 = d\alpha^2 - 2\cos 2\omega\, d\alpha\, d\beta + d\beta^2,$$

ω vérifiant l'équation

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial\alpha\, \partial\beta} = \sin\omega \cos\omega. \text{ »}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales analytiques des équations différentielles du premier ordre et de degré quelconque dans le voisinage de certaines valeurs singulières.* Note de M. **Henri Dulac**, présentée par M. Painlevé.

« F étant, par exemple, un polynome, je considère l'équation différentielle

(1) $$F(x, y, z) = 0, \qquad z = \frac{dy}{dx} = y'.$$

» Je me propose d'étudier les intégrales analytiques de cette équation, dans le voisinage d'un système de valeurs x, y, z, qui définissent soit un point ordinaire, soit un point double non uniplanaire de la surface représentée par l'équation (1).

» Dans le cas d'un point ordinaire, le procédé que j'emploie ne diffère pas, au fond, de la méthode indiquée par M. Poincaré. Ce procédé, dans les cas étudiés d'ordinaire, ne présente aucun avantage, mais il me permet d'étudier des cas de points singuliers dont l'étude complète n'a pas été faite, à ma connaissance, et qui se présentent pour l'équation (1) *la plus générale*. En effet, d'une part, le raisonnement de Briot et Bouquet dans le cas où, pour $x = y = 0$, n valeurs de y' deviennent égales (toute autre particularité étant écartée), ne montre pas rigoureusement qu'à cette valeur de y' ne correspond qu'une intégrale tendant vers l'origine. L'équation auxiliaire obtenue présente un point singulier par lequel passent au contraire, en général, une infinité d'intégrales. D'autre part, la discussion faite par M. Fuchs suppose que, tout le long d'une courbe $y = g(x)$, n valeurs de y' se permutent, mais ne s'applique pas aux valeurs isolées de x et de y pour lesquelles n valeurs de y' deviennent égales, tandis que pour toutes les valeurs voisines n' valeurs seulement de y' sont égales ($n' < n$).

» Dans le cas d'un point double, M. Poincaré ramène l'étude des intégrales dans le voisinage du point à l'étude des intégrales d'une équation dans le voisinage des divers points d'une *conique*. Il m'a paru commode,

soit pour l'étude des intégrales tendant vers le point, soit pour la recherche de leur forme analytique, de ramener dans ce cas, comme dans le cas d'un point ordinaire, l'étude du point à l'étude, dans le voisinage d'un point *unique*, des intégrales d'une équation du premier degré.

» La méthode s'appliquerait dans d'autres cas que ceux que j'examine. On peut, par exemple, étudier ainsi les intégrales analytiques de l'équation dont M. Picard (*Traité d'Analyse*, t. III, p. 217 et suiv.) étudie les intégrales réelles.

» I. *Point ordinaire.* — Il n'y a lieu d'examiner que les cas où $\frac{\partial F}{\partial z} = 0$. On peut toujours supposer $x = y = z = 0$ et mettre l'équation sous la forme

$$(2) \qquad y = ax + x^2(\alpha + A) + xy'(b + B) + y'^n(\beta + C),$$

le second membre ne contenant que x et y'. Ici, comme dans la suite, les petites lettres désignent des constantes et les grandes lettres des fonctions holomorphes s'annulant avec les variables. En différentiant on obtient

$$(3) \quad dx[a + 2\alpha x + (b-1)y' + \ldots] + dy'(bx + n\beta y'^{n-1} + \ldots) = 0.$$

Je distingue deux cas, suivant que $\frac{\partial F}{\partial x} + z\frac{\partial F}{\partial y}$ est égal à zéro ou différent de zéro. Dans un cas, $a = 0$, dans l'autre, $a \neq 0$. On sera dans l'un ou l'autre cas suivant que les intégrales seront tangentes ou non au contour apparent sur le plan $z = 0$. Si, dans le voisinage de $x = y = 0$, moins de n valeurs de y' deviennent égales, le contour apparent présente, en général, un point de rebroussement :

» 1° $a = 0$. — Les équations (2) et (3) permettent de développer x et y suivant les puissances de y' et d'une constante arbitraire. Cette forme de l'intégrale générale met en évidence qu'il ne passe par l'origine qu'une intégrale. Elle est algébroïde et présente un point singulier, d'ordinaire de rebroussement. On reconnaît l'extension, aux cas signalés au début, des résultats connus.

» 2° $a = 0$. — L'équation (3) présente un point singulier dont l'étude se fait aisément par les théorèmes obtenus sur les intégrales dans le voisinage d'un tel point. *Il passe, en général, par l'origine une infinité d'intégrales de* (2). Le seul cas où $a = 0$ et où l'équation (3) ne présente pas un point singulier est le cas classique d'une intégrale singulière.

» II. *Point double.* — On peut, d'abord, toujours exprimer x, y, z en

fonction holomorphe de deux variables X et Y et d'un radical $\sqrt{P(X, Y)}$. Le point double n'étant pas uniplanaire, les termes de degré minimum de P seront du second degré.

» 1° *Ces termes du second degré ne forment pas un carré.* — P peut se mettre sous la forme AB, les termes de degré minimum de A et B étant du premier degré. Si l'on pose $A = u^2$, $B = v^2$, on a pour x, y, z des développements holomorphes et la relation $dy = z\,dx$ fournit une équation différentielle entre u et v.

» 2° *Les termes du second degré forment un carré.* — C'est le cas d'un point double biplanaire. (Je laisse de côté le sous-cas facile à étudier où P peut être considéré comme le carré d'une fonction holomorphe.) Dans ce cas, le point fait partie d'une ligne double. On peut toujours mettre P sous la forme $A^2 - 4B^n$, $n \geqq 3$. En posant $A = u^n + v^n$, $B = uv$, on arrive à la conclusion de 1°.

» La méthode employée s'applique encore dans divers cas où x, y, z peuvent s'exprimer en fonction holomorphe de deux paramètres. Il en est ainsi, en particulier, lorsque les termes de degré minimum de P sont du troisième degré sans former un cube.

» Je vais n'examiner ici que le cas général d'un point double, qui donnera un exemple des circonstances qui se présentent dans beaucoup d'autres cas particuliers. L'équation (1) peut toujours se mettre sous la forme

$$y' = a + bx + cy + \ldots + \sqrt{xy}. \tag{4}$$

» En posant

$$x = u^2, \qquad y = v^2,$$

on a

$$u\,dv = v\,du(a + bu^2 + cv^2 + \ldots uv).$$

» Si l'on a $a \neq 0$, il passe toujours par l'origine deux intégrales holomorphes de (4) et une infinité d'intégrales non holomorphes. Si $a = 0$, il passe par l'origine une intégrale algébroïde et, en outre, une infinité d'intégrales non algébroïdes, à moins qu'une infinité de conditions ne soient satisfaites. Si elles le sont, il existe un développement régulier

$$H(u, v) = \text{constante},$$

donnant l'intégrale générale de (4). »

MÉCANIQUE. — *Sur la déformation infiniment petite d'un corps élastique soumis à des forces données.* Note de MM. **Eugène** et **François Cosserat**.

« Dans les indications que nous avons données jusqu'ici sur les recherches que nous avons entreprises à l'égard des intégrales des équations

$$(1)\qquad \Delta_2 u + \xi\frac{\partial\theta}{\partial x} = \mathrm{X},\qquad \Delta_2 v + \xi\frac{\partial\theta}{\partial y} = \mathrm{Y},\qquad \Delta_2 w + \xi\frac{\partial\theta}{\partial z} = \mathrm{Z},$$

nous n'avons envisagé que les solutions qui sont données à la surface d'un domaine.

» Supposons maintenant que l'on donne les composantes de l'effort sur la surface, et désignons par $\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$ ces composantes divisées par la constante μ de Lamé; nous avons

$$(2)\qquad \mathcal{F} = (\xi - 1)l\theta + \frac{\partial u}{\partial \mathrm{N}} + l\frac{\partial u}{\partial x} + m\frac{\partial v}{\partial x} + n\frac{\partial w}{\partial x}$$

et deux formules analogues. Les fonctions que nous avons à déterminer sont des fonctions de ξ, à l'égard desquelles nous pouvons raisonner comme dans le cas des déplacements imposés à la frontière.

» Une première question se pose. La solution est-elle unique? On sait que Betti et Kirchhoff ont démontré que, pour $\xi > \frac{1}{3}$, la solution est déterminée à un déplacement d'ensemble infiniment petit près, que l'on peut fixer par certaines conditions géométriques. Mais il reste à examiner si, pour $\xi \leqq \frac{1}{3}$, il existe trois fonctions u, v, w vérifiant les équations (1), où $\mathrm{X} = \mathrm{Y} = \mathrm{Z} = 0$, annulant les seconds membres des équations (2), et ne se réduisant pas aux composantes d'un déplacement d'ensemble infiniment petit.

» Nous répondrons prochainement d'une façon générale à cette question; nous n'examinerons aujourd'hui qu'un premier cas particulier, celui où le corps est une sphère de rayon a, ayant pour centre l'origine des coordonnées.

» Pour un tel corps, la solution des équations (1), où $\mathrm{X} = \mathrm{Y} = \mathrm{Z} = 0$, qui satisfait aux conditions (2), a été donnée pour la première fois par Lamé, et, peu après, d'une manière indépendante, par Lord Kelvin. Nous

donnerons à la solution proposée par ce dernier la forme suivante :

$$(3) \qquad u = + u_0 \xi \sum_{i=0}^{i=\infty} \frac{k_i U_i}{\xi - k_i}$$

avec des formules analogues pour v, w que l'on obtient en remplaçant u_0, U_i par v_0, V_i, puis par w_0, W_i.

» Les fonctions u_0, v_0, w_0 sont trois fonctions harmoniques qui satisfont aux conditions (2) où l'on fait $\xi = 0$, et qui, en outre, sont telles que

$$\theta_0 + \frac{\partial u'_0}{\partial x} + \frac{\partial v'_0}{\partial y} + \frac{\partial w'_0}{\partial z} = 0,$$

u'_0, v'_0, w'_0 étant trois autres fonctions harmoniques qui prennent les valeurs $a\mathcal{F}$, $a\mathcal{G}$, $a\mathcal{H}$ à la surface de la sphère.

» Formons, d'autre part, le développement de θ_0 en série de polynomes sphériques F_i; les nombres k_i et les polynomes U_i seront définis par les formules

$$k_i = \frac{2i+1}{2i^2+4i+3}, \qquad U_i = x F_i + \frac{a^2 - 3r^2}{2(2i+1)} \frac{\partial F_i}{\partial x}, \qquad (r^2 = x^2 + y^2 + z^2),$$

les deux autres séries de polynomes V_i, W_i se déduisant des U_i par permutation circulaire de x, y, z.

» Ces formules mettent en évidence que u, v, w sont des fonctions uniformes de ξ admettant les mêmes points critiques, savoir le *point singulier essentiel* o et les pôles simples k_0, k_1, k_2, ...; les résidus du pôle k_i sont les fonctions $k_i^2 U_i$, $k_i^2 V_i$, $k_i^2 W_i$ *qui jouissent de la propriété d'annuler à la frontière les seconds membres des* (2) *pour* $\xi = k_i$, *et de vérifier pour la même valeur de* ξ *les équations* (1), *où* $X = Y = Z = 0$.

» Les résultats précédents peuvent s'exprimer autrement. Considérons, en effet, l'effort ($\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$), relatif à un déplacement quelconque u, v, w, sur un élément plan normal à une droite issue de l'origine; nous aurons

$$\mathcal{F} r = (\xi - 1) x \theta + r \frac{\partial u}{\partial r} + x \frac{\partial u}{\partial x} + y \frac{\partial v}{\partial x} + z \frac{\partial w}{\partial x}$$

et deux formules analogues. MM. Fontaneau et Almansi ont remarqué que

l'on a

$$\Delta_2(\mathcal{F}r) + 2\xi r \frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0,$$

$$\Delta_2(\mathcal{G}r) + 2\xi r \frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial\theta}{\partial y} = 0,$$

$$\Delta_2(\mathcal{H}r) + 2\xi r \frac{\partial}{\partial r}\frac{\partial\theta}{\partial z} = 0,$$

$$\frac{\partial\mathcal{F}r}{\partial x} + \frac{\partial\mathcal{G}r}{\partial y} + \frac{\partial\mathcal{H}r}{\partial z} = (3\xi - 1)\theta.$$

» Appliquons ces relations au déplacement (U_i, V_i, W_i) qui jouit des propriétés énoncées plus haut.

» En désignant par G la fonction de Green pour la sphère, nous aurons

$$2\pi F_i(x, y, z) = \frac{k_i}{3k_i - 1}\int\int\int\left(\frac{\partial G}{\partial x}r'\frac{\partial}{\partial r'}\frac{\partial F_i}{\partial x'} + \frac{\partial G}{\partial y}r'\frac{\partial}{\partial r'}\frac{\partial F_i}{\partial y'} + \frac{\partial G}{\partial z}r'\frac{\partial}{\partial r'}\frac{\partial F_i}{\partial z'}\right)dx'\,dy'\,dz'.$$

» Il existe donc, pour la sphère, des fonctions harmoniques F_i (qui ne sont autres que les polynomes sphériques) vérifiant l'équation fonctionnelle précédente, laquelle entraîne les relations

$$\int\int\int F_i F_k\,dx\,dy\,dz = 0 \qquad (i \neq k);$$

il leur correspond des fonctions U_i, V_i, W_i annulant l'effort sur la frontière et dont les paramètres différentiels du second ordre sont égaux respectivement aux dérivées premières de F_i; ces fonctions vérifient les équations (1), où $\xi = k_i$ et $X = Y = Z = 0$ et donnent lieu aux formules telles que (3). »

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les vibrations des nappes liquides de formes déterminées*. Note de MM. C. Chéneveau et G. Cartaud, présentée par M. A. Potier.

« Nous nous sommes proposé, dans ce Travail, d'étudier expérimentalement les figures des ondes produites à la surface des liquides contenus dans des cuvettes de formes variées, sous l'influence de vibrations. Ces figures ont pu être photographiées sur le mercure, dont la surface réfléchissante renvoyait dans un appareil photographique vertical le faisceau

horizontal d'une lanterne à arc électrique réfléchi, sur la cuvette, par une glace sans tain, inclinée à 45°. Les cuvettes étaient fixées sur la caisse de résonance d'un diapason entretenu électriquement, soit encore sur une plaque de laiton que l'on pouvait faire vibrer à l'archet ou par les chocs rythmés du marteau d'un trembleur.

» Nous ne parlerons pas ici des résultats obtenus par l'introduction dans les cuvettes, d'obstacles, de styles immobiles ou vibrants : ces résultats nous ont ramenés aux figures de J.-H. Vincent (¹), qui a, de cette manière, illustré la plupart des lois des phénomènes ondulatoires; nous avons, en effet, entrepris cette étude dans un esprit assez différent, espérant, sur les conseils de M. Osmond, pouvoir rattacher aux lignes d'interférence des ondes des liquides, les lignes superficielles qui apparaissent sur les métaux déformés.

» *Cuvettes rectangulaires et carrées.* — On observe à la surface du mercure : 1° une série d'ondes stationnaires rectilignes, équidistantes, respectivement parallèles aux côtés de la cuvette; ces ondes ont déjà été observées par Barthélemy (²) et photographiées par Vincent; 2° des ondes stationnaires rectilignes, équidistantes, inclinées à 45° sur les côtés de la cuvette; elles résultent de l'interférence des ondes parallèles émises par les bords rectangulaires de la nappe; 3° visibles surtout dans les coins de la cuvette, deux nappes de paraboles homofocales, ayant respectivement pour axes deux côtés adjacents de la cuvette, et pour foyer commun le point d'intersection de ces deux côtés. Ces paraboles résulteraient de l'interférence des ondes circulaires émises par chacun des angles de la nappe, avec des ondes rectilignes issues des bords adjacents (*fig.* 1).

» *Cuvette circulaire.* — Si, sur une plaque de laiton carrée, attaquée en un point déterminé par le marteau d'un trembleur, on déplace une petite cuvette circulaire contenant du mercure, les figures des ondes varient avec la position de la cuvette sur la plaque pour un même régime du trembleur. Ces différentes figures peuvent être obtenues successivement dans la cuvette fixée en un point de la plaque, un ventre, par exemple, en faisant varier progressivement les conditions du régime vibratoire. On obtient ainsi, pour une faible amplitude, des ondes circulaires concentriques; puis on voit apparaître des figures formées par des combinaisons extrêmement variées de cercles concentriques et de rayons (*fig.* 2); l'amplitude aug-

---

(¹) *Philosophical Magazine*, juin 1897, février et septembre 1898, octobre 1899.
(²) Barthélemy, *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. I.

mentant toujours, cercles et rayons se déformant plus ou moins, les figures se transforment tout en conservant une symétrie souvent parfaite (*fig.* 3), jusqu'au moment où, un équilibre devenant difficile à obtenir, on n'arrive plus à une figure stable que par un artifice qui consiste à recouvrir la nappe d'une pellicule d'eau, ou mieux, de collodion riciné. La figure est alors celle que nous avons observée dans une cuvette carrée, c'est-à-dire une réticulation d'ondes rectilignes à mailles carrées, traversées par leurs

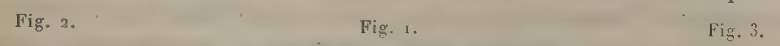
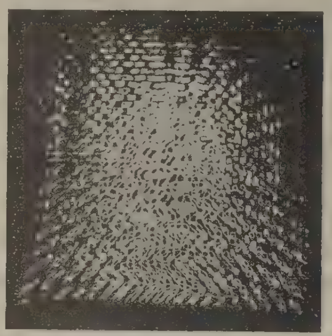
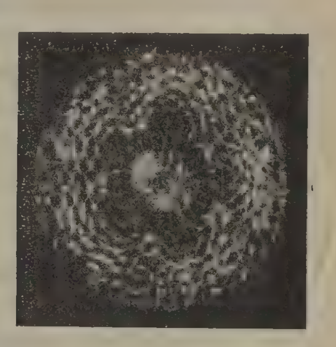


Fig. 2. Fig. 1. Fig. 3.







diagonales. Si l'on recouvre la plaque de laiton d'une mince nappe d'eau retenue par des bourrelets, on constate que les ondes de la cuvette circulaire se raccordent avec celles de la nappe liquide environnante.

» *Influence des parois des cuvettes.* — Les figures ne sont pas sensiblement influencées par la nature et l'inclinaison des parois; nous avons vérifié le fait avec le bois, le verre, le caoutchouc, le feutre et les métaux amalgamés qui mouillent le mercure. Les parois n'interviendraient ainsi que pour imprimer à la nappe une forme déterminée, les figures pouvant, en effet, se produire sur une nappe libre limitée par son ménisque.

» Une goutte de mercure, par exemple, placée sur une plaque attaquée à l'archet, reproduit les figures observées dans les cuvettes circulaires. Aux ondes circulaires succèdent, quand on augmente l'amplitude, des figures du genre de la *fig.* 2; mais ici, l'absence de paroi permet à la goutte de se déformer, et le contour devient étoilé. Pour une amplitude un peu grande, on arrive à la désagrégation de la goutte, le mercure étant projeté en gouttelettes, verticalement en son centre, et latéralement à l'extrémité de chaque branche de l'étoile.

» *Tourbillons.* — Des poussières légères, grains de lycopode ou légers flotteurs, projetés à la surface de la nappe vibrante, ne restent pas immo-

biles, mais décrivent des trajectoires fermées, dont le nombre et la forme varient avec le profil de la cuvette et le régime vibratoire.

» Dans une cuvette circulaire, pour une faible amplitude, le lycopode dessine deux tourbillons partageant la cuvette suivant un diamètre. Dans certaines conditions, on en observe quatre; mais, pour de grandes amplitudes, ces mouvements deviennent très compliqués et difficiles à suivre.

» Ces tourbillons se produisent également quand la vibration est transmise par l'intermédiaire d'un style vibrant placé au centre de la cuvette; ils se produisent alors seuls, et à l'exclusion des ondes, dans les liquides visqueux comme l'huile, la glycérine et le collodion riciné. L'emploi de ce dernier liquide est particulièrement avantageux, car les mouvements tourbillonnaires se trouvent dessinés et fixés par la dessiccation superficielle de la nappe. »

PHYSIQUE. — *Sur la radio-activité des sels de radium.* Note de MM. **P. Curie** et **A. Debierne**, présentée par M. A. Potier.

« Nous avons montré précédemment qu'on peut communiquer temporairement des propriétés radio-actives à un corps quelconque à l'aide des sels de radium, et qu'en particulier on peut les communiquer à l'eau distillée.

» Cette eau peut être rendue radio-active par divers procédés.

» On peut, par exemple, comme nous l'avons déjà indiqué, séparer par distillation en vase complètement clos l'eau d'une dissolution de chlorure de radium faite depuis plusieurs jours; l'eau distillée ainsi obtenue est fortement radio-active.

» Un second procédé, encore plus simple, consiste à mettre dans une enceinte parfaitement close deux cristallisoirs renfermant, l'un une dissolution d'un sel de radium, l'autre de l'eau distillée; au bout d'un temps suffisant, l'eau distillée est devenue active, la communication de la radioactivité se faisant par l'intermédiaire des gaz de l'enceinte.

» Enfin, un troisième procédé consiste à enfermer une solution de sel de radium dans une capsule de celluloïd complètement fermée [1] et à plonger cette capsule dans l'eau à activer, placée elle-même dans un flacon

---

[1] Cette capsule se fabrique facilement avec de la feuille de celluloïd; les bords de la feuille se soudent en les humectant d'acétone.

fermé. Dans ces conditions le celluloïd joue le rôle d'une membrane semi-perméable parfaite, et aucune trace de sel ne traverse les parois, tandis que l'activité de la dissolution se communique très bien à l'eau extérieure ([1]).

» L'eau activée peut avoir une activité aussi forte et même, dans certaines conditions, plus forte que celle du corps qui a servi à la rendre radio-active. Conservée en tube scellé, elle perd la plus grande partie de son activité en quelques jours; laissée en vase ouvert, la perte d'activité est beaucoup plus rapide et est d'autant plus rapide que la surface de contact avec l'air ambiant est plus grande.

» Les dissolutions de sels de radium se comportent d'une façon analogue. Si on laisse une dissolution en vase ouvert, elle diminue considérablement d'activité, et l'on abaisse cette activité autant que l'on veut en augmentant la surface de contact de la dissolution avec l'air libre ([2]). Mais, contrairement à ce qui se passe pour l'eau activée, la perte d'activité n'est pas définitive; si l'on met cette solution désactivée en tube scellé, elle reprend peu à peu, au bout d'une dizaine de jours, son activité primitive.

» Voici une théorie qui permet de coordonner assez bien ces phénomènes de radio-activité : on peut admettre que chaque atome de radium fonctionne comme une source continue et constante d'énergie radio-active sans qu'il soit nécessaire, d'ailleurs, de préciser d'où vient cette énergie ([3]). L'énergie radio-active accumulée dans un corps par le radium tend à se dissiper de deux façons différentes : 1° par rayonnement (rayons chargés et non chargés d'électricité); 2° par conduction, c'est-à-dire par transmission de proche en proche aux corps environnants par l'intermédiaire des gaz et des liquides (radio-activité induite).

» La perte d'énergie radio-active d'un corps, tant par rayonnement que

---

([1]) L'activité induite ne peut pas être transmise par l'air au travers d'une paroi de celluloïd sec, mais elle se transmet facilement si l'on humecte la paroi avec une goutte d'eau.

([2]) On peut facilement avoir ainsi une dissolution 500 fois moins active que la solution initiale.

([3]) Cette énergie peut avoir été emmagasinée antérieurement; elle peut être produite par une modification du radium lui-même; elle peut provenir de la transformation d'un rayonnement extérieur inconnu; elle peut enfin être empruntée à la chaleur du milieu ambiant, contrairement au principe de Carnot (voir l'article de Mme Curie dans la *Revue générale des Sciences*, janvier 1899).

par conduction, est d'autant plus grande que la quantité de cette énergie accumulée dans le corps est plus considérable. On comprend alors qu'un équilibre de régime s'établit nécessairement; l'énergie radio-active accumulée dans le corps allant en augmentant jusqu'à ce que la double perte dont nous venons de parler compense l'apport continu fait par le radium.

» On peut considérer cette manière de voir comme analogue à celle qui est en usage dans l'étude des phénomènes calorifiques. Si, dans l'intérieur d'un corps, il se fait, par une cause quelconque, un dégagement continu et constant de chaleur, la chaleur s'accumule dans le corps et la température s'élève jusqu'à ce que la perte de chaleur du corps par rayonnement et par conduction fasse équilibre à l'apport continu de chaleur.

» En poursuivant cette analogie, il y aurait lieu de considérer une tension de radio-activité analogue à la température, et caractérisée par l'intensité du rayonnement (que nous avons considéré jusqu'ici comme donnant la mesure de l'intensité de la radio-activité). On pourrait aussi définir une capacité de radio-activité analogue à la capacité calorifique.

» La théorie qui précède permet d'interpréter diverses expériences :

» En général, excepté dans des conditions spéciales, l'activité ne se communique pas de proche en proche à travers les corps solides. Lorsqu'on conserve une dissolution en tube scellé, la perte par rayonnement subsiste seule, et l'activité radiante de la dissolution prend une valeur très élevée. Si, au contraire, la dissolution se trouve dans un vase ouvert, la perte d'activité de proche en proche par conduction devient considérable, et lorsque l'état de régime est établi l'activité radiante de la solution est très faible.

» Remarquons encore que l'activité radiante d'un corps radio-actif solide laissé à l'air libre ne diminue pas sensiblement, parce que, la propagation de la radio-activité par conduction ne se faisant pas à travers les solides, c'est seulement une couche superficielle extrêmement mince qui produit la radio-activité induite. On constate, en effet, que la dissolution du même sel produit des phénomènes de radio-activité induite beaucoup plus intenses (20 fois plus forts environ). Avec un sel solide l'énergie radio-active s'accumule dans le sel et ne se dissipe guère que par rayonnement. Au contraire, lorsque le sel est en dissolution depuis plusieurs jours, l'énergie radio-active est répartie entre l'eau et le sel, et si on les sépare par distillation, l'eau entraîne une grande partie de l'activité et le sel solide est beaucoup moins actif (10 ou 15 fois, par exemple) qu'avant

dissolution (¹). Ensuite le sel solide reprend peu à peu son activité primitive.

» La communication de l'activité du sel de radium à l'eau de dissolution se fait d'ailleurs assez lentement, et l'équilibre n'est obtenu qu'au bout d'une dizaine de jours ; si, par exemple, on évapore la dissolution aussitôt après l'avoir faite, le sel garde une portion beaucoup plus considérable de son activité. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Démonstration géographique de l'origine terrestre des aurores polaires* (²). Note de M. **Henri Stassano**, présentée par M. Lippmann.

« Dans les croisières que je fis, de 1885 à 1891, en mission du Gouvernement royal d'Italie, dans l'Atlantique, j'assistai souvent à ces pluies vraiment diluviennes, accompagnées de formidables décharges électriques, qui se produisent régulièrement dans la zone des calmes équatoriaux, lors des très fortes chaleurs ; et j'eus aussi l'occasion d'assister souvent à ces brusques orages d'été, les *pamperos*, qui éclatent et se dissipent, sur la côte brûlée du Sahara, en quelques minutes.

» Considérant l'immense perte en électricité que ces précipitations entraînent dans les hautes couches de l'atmosphère, je me souvins de l'hypothèse de De la Rive, qui attribue à l'évaporation équatoriale l'origine de l'électricité des aurores polaires, et j'en envisageai, de suite, la démonstration, dans les termes suivants : si cette théorie est vraie, aux époques des chaleurs torrides les plus intenses, autrement dit, des hivernages équatoriaux, les aurores polaires doivent être moins fréquentes.

» Je trouvai (³), effectivement, dans le diagramme de la répartition mensuelle des aurores boréales, d'après Klein, qu'il existe une correspondance très frappante entre les minima de fréquence de ces météores et les époques des pluies équatoriales, la grande et la petite saison humide du golfe de Guinée, qui est la région des calmes où il pleut le plus et où les

---

(¹) La diminution d'activité a été observée pour la première fois par M. Giesel (*Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91 ; 1899).

(²) Le travail *in extenso*, accompagné de diagrammes et de cartes météorologiques, paraîtra dans le prochain numéro des *Annales de Géographie de Paris*.

(³) Stassano, *Atti della R. Accademia dei Lincei*, p. 210-212 ; Roma, 1889.

précipitations ont le caractère franchement zénithal et, respectivement, entre les deux maxima annuels d'aurores boréales et les deux saisons sèches de cette même région équatoriale. De plus, je trouvai qu'au maximum d'aurores boréales le plus élevé de l'année correspond exactement la période la plus sèche de la Guinée supérieure, les mois de septembre et d'octobre, pendant lesquels l'air y est le plus nettoyé de brumes et le moins défavorable à la santé des blancs.

» Dans le catalogue des aurores australes publié, dans ces derniers temps, par W. Boller ([1]), je viens de trouver bien d'autres faits, qui me permettent de reprendre aujourd'hui mon ancienne démonstration, en lui donnant une portée générale.

» I. Les aurores australes, de même que les boréales, sont particulièrement fréquentes vers les mois d'avril et d'octobre, c'est-à-dire un peu après les équinoxes; et elles deviennent rares, comme les boréales, vers les solstices, en janvier et en juillet.

» II. Le maximum annuel plus fort des aurores boréales correspond à l'équinoxe d'automne; par contre, celui des australes correspond à l'équinoxe de printemps. Il ne s'agit donc pas d'une symétrie astronomique, mais d'un parallélisme météorologique. Les aurores, en effet, deviennent plus fréquentes dans l'hémisphère septentrional lorsque le Soleil se trouve dans l'hémisphère méridional, et *vice versa*.

» III. Les deux minima annuels des aurores boréales et australes se produisent pendant les solstices. Dans ces minima, cependant, il n'y a pas d'alternative. C'est en juillet que les aurores sont le plus rares au Nord comme au Sud : c'est-à-dire à l'époque de l'année où le rayonnement solaire se fait sentir le plus sous l'équateur et presque autant d'un côté que de l'autre de la ligne.

» IV. La correspondance trouvée depuis longtemps entre les années de maxima de taches solaires et de grande fréquence des aurores boréales, qui se vérifie aussi pour les australes selon W. Boller, doit être rattachée, d'après ce qui précède, à la diminution du rayonnement solaire, comme conséquence de l'augmentation du nombre et de l'étendue des taches dans la photosphère du Soleil.

» V. La courbe annuelle de fréquence des aurores australes, sauf l'écart qu'elle présente au moment de l'équinoxe du Capricorne, est assez uniforme. Cela s'accorde avec l'uniformité considérable du climat, d'une saison à l'autre, de l'hémisphère méridional, s'accusant de plus en plus à mesure que l'on monte en latitude, grâce à l'augmentation également croissante du domaine océanique.

» VI. Si l'on examine sur un même planisphère les courbes d'égale fréquence des aurores, tracées d'après Loomsi, H. Fritz et W. Boller, l'intimité et la constance des rapports existant entre ces météores lumineux et l'état de l'atmosphère, où ils apparaissent, deviennent très frappantes. La ligne qui passe par les pays de l'hémisphère septentrional où les aurores boréales commencent à être fréquentes (trente aurores

---

([1]) *Beitrage zur Geophysik,* III Band, I Heft; Leipzig, 1896.

par an) s'arrête, en moyenne, à la latitude de 60° nord; la ligne correspondante de fréquence des aurores australes, par contre, se tient partout dans des latitudes beaucoup moins élevées et atteint presque le tropique aux environs de l'Australie. La succession rapide, parfois brusque, du climat tropical au climat froid, sinon glacial, est le caractère de l'hémisphère austral. Le rapprochement si considérable des latitudes tropicales, de cette première ligne de fréquence des aurores, ainsi que des autres qui la suivent, en est la conséquence. C'est ce qu'on a observé pour les oscillations annuelles des lignes de fréquence des aurores boréales, qui descendent et remontent en même temps avec la limite des glaces, dans les mers arctiques, qui alternativement gèlent en hiver et deviennent libres en été.

» VII. L'intimité de ces rapports se précise si l'on trace, sur la même carte, à côté de ces lignes de fréquence des aurores, les isothermes et les isobares annuelles correspondantes. On voit alors nettement les lignes des aurores suivre de près les limites des zones tempérées et se confondre presque avec les premières lignes des basses pressions polaires. Dans l'hémisphère austral, de la sorte, ces trois ordres de lignes sont également bien plus rapprochées du tropique du Capricorne que les lignes correspondantes le sont du tropique du Cancer. Ces rapprochements apparaissent encore plus clairs dans l'hémisphère nord, grâce aux contours beaucoup plus accidentés que ces lignes y affectent à la suite de l'influence prépondérante des continents et au plus grand nombre d'observations qu'on a pratiquées dans les régions arctiques. Ainsi les lignes de fréquence des aurores qui descendent franchement vers les basses latitudes, dans la direction de Terre-Neuve et dans la direction de l'Alaska, suivent les mêmes inflexions que les isothermes, celle de + 10° en particulier, et que l'isobare de 760^{mm}, autour des deux centres septentrionaux de très basse pression, de 754^{mm}, le premier entre le Groenland et l'Islande, le second tout au nord du Pacifique.

» Il ressort des faits précédents que la théorie de De la Rive s'accorde avec tout ce que l'on connaît sur les aurores polaires et en explique toutes les vicissitudes. Ce qui s'en dégage, par-dessus tout, c'est la démonstration que ces météores lumineux sont d'origine terrestre, liés intimement aux autres phénomènes météorologiques de notre planète. L'expédition danoise dirigée par M. Paulsen ([1]) a pu d'ailleurs établir récemment qu'il existe un accord intime entre le spectre des aurores boréales et celui de la lumière qui entoure la cathode d'un tube contenant de l'oxygène et de l'azote. Il s'agit donc réellement d'un phénomène se passant dans l'atmosphère de la Terre. »

([1]) *Rapports du Congrès international de Physique,* 1900, t. III. Paris, Gauthier-Villars.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la continuité des spectres dus aux solides et aux liquides incandescents*. Note de M. L. **Décombe**, présentée par M. Lippmann.

« Le spectre fourni par les solides ou les liquides est-il réellement continu, comme on l'admet en général? Si l'on conçoit que chaque molécule matérielle est constituée par l'assemblage d'un certain nombre de particules dont chacune n'est susceptible d'émettre, dans des conditions données, qu'une seule radiation de période bien déterminée, le nombre de radiations contenues dans un spectre quelconque sera nécessairement fini et, par suite, la continuité expérimentale ne pourra être qu'apparente. Je me propose, en me plaçant à ce point de vue, de donner une interprétation simple de cette continuité apparente.

» Dans les solides et les liquides, en effet, les molécules sont assez rapprochées pour pouvoir s'influencer réciproquement. Par suite, les périodes des diverses radiations émises par une molécule donnée dépendent essentiellement de l'action des molécules environnantes, cette action étant d'ailleurs insensible à toute distance supérieure au rayon ρ d'activité moléculaire.

» Si donc, on considère les molécules profondes de la masse incandescente, supposée homogène, elles se trouvent toutes dans les mêmes conditions mécaniques et, par suite, elles émettent des spectres identiques entre eux et analogues aux spectres de raies brillantes donnés par les vapeurs.

» Mais il en va autrement des molécules situées dans la couche superficielle d'épaisseur ρ. Chacune d'elles est en effet soumise, de la part des molécules voisines, à des actions perturbatrices d'autant plus faibles qu'elle est située plus près de la surface libre. Il en résulte que les diverses régions de la couche superficielle émettent des radiations qui diffèrent d'autant plus des radiations émises par les molécules profondes que la région considérée est plus voisine de la surface libre.

» Si l'on admet que la distribution moléculaire n'est pas soumise à une orientation particulière, on voit qu'il y aura en général, dans la couche superficielle, un nombre très grand de molécules situées à des distances différentes de la surface libre. Ces molécules donneront lieu à une série de

spectres de raies brillantes qui diffèrent progressivement les uns des autres et dont la superposition constituera un spectre total ayant l'apparence de la continuité (¹).

» Cette interprétation conduit à une évaluation approchée de l'intervalle moléculaire moyen dans les solides et les liquides.

» Les spectres continus les plus étalés qu'on ait jusqu'ici obtenus ont approximativement une longueur de l'ordre de 15^m dans la région visible. En admettant que l'objectif de la lunette ait la même distance focale que la lentille du collimateur et que la fente de celui-ci ait pour largeur 50^μ (chiffre moyen), les raies spectrales ayant aussi dans ces conditions une largeur de 50^μ, il y en aura au moins

$$\frac{15.10^6}{50} = 3 \times 10^5,$$

dans l'étendue visible du spectre.

» Or, en adoptant en moyenne une centaine de radiations visibles distinctes par molécule, on voit que la continuité apparente du spectre serait due à la superposition de $\frac{3 \times 10^5}{100} = 3000$ spectres de raies brillantes, c'est-à-dire qu'il y aurait dans la couche superficielle plus de 3000 molécules situées à des distances variées au-dessous de la surface libre.

» En général, il convient de poser

$$3000 = N \times n,$$

N désignant le nombre moyen de molécules réparties sur la longueur ρ de la normale à la surface, et n le nombre de normales suivant lesquelles la répartition est différente.

» Or, dans les liquides et les solides, les molécules ne sont pas éloignées du contact (la compressibilité de ces substances étant faible). Dans le cas limite où il y aurait contact, n serait égal à 2 et N à 1500, les molécules étant supposées sphériques. On pourra donc écrire en général

$$N \leqq 1500.$$

» A la suite de diverses approximations concordantes, on admet généralement aujourd'hui que l'épaisseur ρ de la couche superficielle est de l'ordre de $0^\mu,05$. Les

(¹) On pourrait croire que, les molécules profondes (beaucoup plus nombreuses que les molécules superficielles) émettant des spectres tous identiques, les radiations qui leur correspondent doivent être particulièrement intenses dans le spectre. Il n'en est rien, grâce à la loi de Kirchhoff, les radiations émises par les molécules profondes étant absorbées par les molécules environnantes, si bien que seules les radiations dues aux molécules situées immédiatement au-dessous de la couche superficielle d'épaisseur ρ peuvent arriver jusqu'à la surface libre et rayonner à l'extérieur.

intervalles moléculaires auraient donc pour limite inférieure

$$\frac{0^{\mu},05}{1500} = \frac{1}{30000} \text{ de micron.}$$

» Cette limite concorde aussi bien que possible avec celle qui a été assignée au diamètre des molécules par M. Lippmann ([1]), d'une part, et Sir W. Thomson ([2]), d'autre part, en se fondant sur des considérations d'un tout autre ordre.

» Ajoutons que l'absence de couche superficielle dans les gaz et les vapeurs (dont le spectre, comme on le sait, est discontinu) peut être considérée comme une confirmation de notre manière de voir. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur l'action électrocapillaire des molécules non dissociées en ions.* Note de M. **Gouy**.

« J'ai soumis à un examen plus détaillé les faits signalés précédemment, relatifs à l'activité électrocapillaire des corps organiques en solutions aqueuses ([3]); 160 corps ont été étudiés, dissous dans des solutions normales de Na^2SO^4. La disposition des expériences diffère peu de celle déjà employée pour les mélanges d'électrolytes ([4]). Le large mercure avec Hg^2SO^4 est invariablement dans la solution normale de Na^2SO^4 (L_1); on trace la courbe électrocapillaire 1 en mettant aussi L_1 dans l'auge de l'électromètre, et l'on trace ensuite la courbe 2 en remplaçant, dans cette auge, L_1 par L_2 (solution normale de Na^2SO^4 avec le corps organique en plus). Les abscisses sont les différences de potentiel V du large mercure et de la colonne mercurielle; les ordonnées, les hauteurs h de cette colonne. La figure ci-contre représente, avec la courbe 1, les courbes 2A et 2P, obtenues, l'une avec l'alcool isobutylique, l'autre avec le phénol ([5]).

([1]) *Comptes rendus*, 1882.

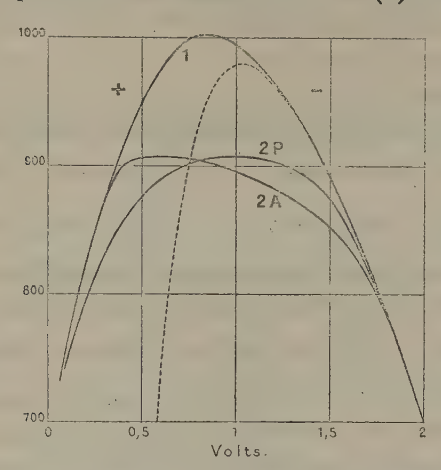
([2]) *Conférences scientifiques*, p. 141. Paris, Gauthier-Villars.

([3]) *Comptes rendus*, 1er avril 1901. Nous faisons abstraction des corps bons conducteurs, sels ou acides forts.

([4]) *Comptes rendus*, 19 novembre 1900.

([5]) Quelques-uns de ces corps ont été étudiés aussi avec des solutions normales de $KAzO^3$, de $(AzH^4)^2HPO^4$ ou de KI. Avec les électrolytes peu ou point actifs, leurs

» Les courbes des corps organiques sont très variées, et s'éloignent souvent de la forme pseudo-parabolique qui est ordinaire chez les électrolytes; toutefois $\frac{d^2 h}{dV^2}$ conserve le même signe. Le sens de l'effet du corps organique est toujours une *dépression* ou diminution de h (¹). Cette dépression est



surtout marquée vers le milieu de la courbe (²). Elle s'annule en approchant des extrémités (en sorte que les courbes 1 et 2 coïncident en ces régions), ou tout au moins elle tend visiblement à s'annuler, ou se réduit à une petite valeur (³). Au contraire, dans ces conditions, les électrolytes actifs donnent des dépressions croissantes du côté positif (courbe ponctuée obtenue avec KI à la place du corps organique). C'est là, semble-t-il, le

---

courbes électrocapillaires conservent les mêmes caractères distinctifs; avec KI, au contraire, elles éprouvent des altérations qui seront décrites en détail. La teneur d'une molécule-gramme par litre n'a pas été dépassée, et en général elle est beaucoup moindre; il est bon cependant, pour que les courbes soient bien caractérisées, que le maximum soit déprimé de plusieurs centimètres.

(¹) Il faut noter que certaines solutions acides un peu concentrées produisent un relèvement à peine sensible vers l'extrémité négative, qui est dû sans doute à ce que la différence électrique $L_1 | L_2$ n'est plus alors tout à fait négligeable, et produit un petit glissement latéral de la courbe 2 par rapport à la courbe 1.

(²) Sauf pour les amines acides (alanine, glycocolle, etc.), qui donnent de faibles dépressions, du même ordre de grandeur partout.

(³) Cependant l'aniline et d'autres bases forment un cas douteux, sur lequel je reviendrai.

critérium qui distingue les effets des *molécules actives* de ceux des *anions actifs*.

» Dans beaucoup de cas, le maximum de la courbe est reporté du côté positif, la dépression étant surtout importante du côté opposé ; nous dirons alors que la courbe est *positive* ([1]) (ex. : courbe 2A). Le déplacement du maximum est souvent considérable, $0^{\text{volt}},2$ ou $0^{\text{volt}},3$, quelquefois plus. Pour d'autres corps, la disposition est inverse et la courbe sera dite *négative* ([2]) (ex. : courbe 2P).

» Certains corps donnent des courbes assez régulièrement arrondies, où $\frac{d^2h}{dV^2}$ ne varie guère plus qu'avec L_1 ([3]), mais le plus souvent les courbes présentent une partie *quasi rectiligne*, où $\frac{d^2h}{dV^2}$ a une petite valeur, la moitié ou le tiers de la moyenne, et quelquefois moins. Cette partie est plus ou moins inclinée ; elle se raccorde avec les autres portions par deux *coudes* plus ou moins brusques, où $\frac{d^2h}{dV^2}$ passe par un maximum, souvent considérable. Le coude le plus élevé est le plus brusque ; l'autre, quelquefois, n'est pas atteint dans les limites des expériences. Presque toujours la dépression au delà du coude s'annule sensiblement, et l'effet du corps organique peut être représenté schématiquement par une troncature oblique ([4]) qui supprime le haut de la courbe 1 en laissant le reste inaltéré. La courbe 2A montre déjà ces particularités, mais elles sont bien plus marquées avec d'autres corps, où le coude positif ressemble à un point anguleux, son étendue ne dépassant guère $0^{\text{volt}},01$ ([5]). Quand la partie quasi rectiligne est un peu inclinée, et que le coude est brusque, il forme le maximum de la courbe.

» Dans une même famille, ces caractères sont d'autant plus marqués que le poids moléculaire est plus élevé, et il en est de même de l'activité, en sorte que des corps à peine solubles donnent des dépressions considérables, au prix d'une viscosité électrocapillaire qui n'est pas sensible avec les dilutions moyennes.

([1]) Alcools monovalents, leurs aldéhydes et cétones, les glycols, les bases en général, quelques éthers et acides.

([2]) Quelques dérivés chlorés, les phénols en général, quelques acides.

([3]) Alcools trivalents et au delà, sucres.

([4]) Il arrive même que cette troncature est sensiblement horizontale (alcool heptylique normal).

([5]) Alcool amylique tertiaire, acétate d'éthyle, butyrone, terpine, etc.

» Je me propose de donner ultérieurement quelques détails sur les courbes des divers groupes de corps organiques. »

PHYSIQUE. — *Sur la solubilité des mélanges de sulfate de cuivre et de sulfate de soude.* Note de MM. **Massol** et **Maldès**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans un Travail très important sur la solubilité des mélanges de deux sels renfermant un élément commun (acide ou base) et sans action chimique l'un sur l'autre, Rüdorff [1] a montré que deux cas pouvaient se présenter :

» 1° La dissolution obtenue ne présente pas une composition constante; cette composition varie suivant les proportions des deux sels employés pour sa préparation, bien que tous les deux demeurent en excès;

» 2° La dissolution obtenue présente une composition invariable, quelles que soient les proportions relatives des deux sels employés, tous les deux d'ailleurs étant en excès par rapport à l'eau. Ces dissolutions présentent donc un certain état d'équilibre.

» Dans les mélanges qui rentrent dans cette catégorie, Rüdorff cite celui de sulfate de cuivre et de sulfate de soude, qui donne, à 15°C. (seule température à laquelle cette expérience ait été faite) une dissolution renfermant pour 100 parties d'eau :

Sulfate de cuivre	20,7
Sulfate de soude	15,9

» Nous nous sommes proposé de rechercher si cet état d'équilibre se maintient pour des températures différentes, et en particulier à la température de 30°, pour laquelle l'un de nous a constaté que la solubilité du sulfate de cuivre passait par un minimum (dans le cas d'un mélange équimoléculaire des deux sels).

» Nous avons opéré aux températures de 10°, 15°, 30° et 50° avec les trois mélanges suivants :

Mélange I	3 mol. SO^4Cu + 1 mol. SO^4Na^2
» II	1 mol. SO^4Cu + 1 mol. SO^4Na^2
» III	1 mol. SO^4Cu + 3 mol. SO^4Na^2

---

[1] F. Rüdorff, *Poggendorf's Annalen*, t. CXLVIII, p. 455, et *Journ. de Phys.*, t. II, p. 366.

» Nous résumons, dans le Tableau suivant, les résultats obtenus :

Poids des sels dissous dans 100gr d'eau :

Mélanges.	T = 10°.		T = 15°.		T = 30°.		T = 50°.	
	SO^4Cu	SO^4Na^2	SO^4Cu	SO^4Na^2	SO^4Cu	SO^4Na^2	SO^4Cu	SO^4Na^2
I............	19,75	12,49	20,69	15,88	22,03	16,36	32,37	11,75
II............	19,70	12,50	20,75	15,90	21,00	20,14	31,45	13,41
III...........	19,69	12,55	20,70	15,92	15,28	22,70	28,76	15,25

» Pour la température de 15°C., nos chiffres concordent avec ceux de Rüdorff et indiquent que la solubilité reste la même, quel que soit l'excès de l'un ou de l'autre sel.

» Il en est de même à la température de 10°; la composition de la dissolution n'est plus la même qu'à 15°, mais elle reste invariable, quelle que soit la composition du mélange employé. A 30°, les résultats sont complètement différents : l'excès de l'un ou de l'autre sel fait varier la proportion des sels dissous; un excès de sulfate de cuivre entraîne une diminution dans la solubilité du sulfate de soude, et inversement un excès de sulfate de soude produit une diminution de la quantité de sulfate de cuivre dissous. L'état d'équilibre signalé par Rüdorff ne présente plus la même stabilité qu'aux températures moins élevées.

» Le phénomène reste le même à 50°; la proportion des deux sels varie en sens inverse, un excès de l'un ou de l'autre sel entraînant une variation dans la composition de la dissolution.

» Toutefois il est intéressant de constater que les deux sels ne se déplacent pas proportionnellement à leur poids moléculaire, mais simplement à poids égaux.

» En effet, si l'on ajoute pour chacune de nos expériences et pour chaque température le poids des deux sels dissous, on observe une constance remarquable dans la somme ainsi obtenue :

Mélange.	Poids total des sels dissous.			
	T = 10°.	15°.	30°.	50°.
I............	32gr,24	36gr,57	38gr,39	44gr,12
II............	32,20	36,65	41,14	44,86
III...........	32,24	36,62	37,98	44,01

» La seule irrégularité constatée correspond au mélange équimoléculaire (II) dissous à la température de 30°, qui est celle du minimum de solubilité du sulfate de cuivre pour ce mélange, et qui est très voisine du maximum de solubilité du sulfate de soude.

» *En résumé,* les dissolutions obtenues avec un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate de soude (les deux sels étant en excès) présentent

une composition invariable aux températures peu élevées, ainsi que l'avait observé Rüdorff; mais, dès que la température est suffisante pour que la modification sulfate de soude anhydre puisse prendre naissance (de 23°-32° suivant le mélange), la composition de la dissolution varie avec les proportions relatives des deux sels mis en présence. »

CHIMIE. — *Sur le chlorure de néodyme.* Note de M. **Camille Matignon.**

« Le chlorure de néodyme, préparé pour la première fois par Schapleigh qui l'avait exhibé à l'Exposition de Chicago, cristallise avec $6H^2O$ comme l'ancien chlorure de didyme, dont il était le principal constituant. Sa solution chlorhydrique l'abandonne à la température ordinaire sous la même forme $NdCl^3, 6H^2O$.

» Le chlorure se présente en gros cristaux roses clinorhombiques déliquescents, qui possèdent la densité $d_4^{16°,5} = 2,282$ avec un volume moléculaire égal à 156,9.

» Le chlorure de néodyme est très soluble dans l'eau. A 13°, 100 parties d'eau dissolvent 246p,2 de sel hydraté ou 98p,7 de sel anhydre; 100 parties de la solution renferment 49p,6 de sel anhydre et 71p,1 de sel cristallisé. Cette solubilité augmente avec la température : à 100°, 100 parties d'eau dissolvent 511p,6 de sel hydraté ou 140p,4 de sel anhydre; 100 parties de solution contiennent 58gr,4 de sel anhydre ou 83gr,6 de sel hydraté.

» La solution saturée à 13° a une densité d_4^{15} égale à 1,741.

» Le chlorure se dissout dans l'eau avec dégagement de chaleur. Deux expériences faites avec les chlorures cristallisés dans l'eau et dans l'acide chlorhydrique ont donné les valeurs $+7^{Cal},58$ et $+7^{Cal},64$ à 14°.

(1) $$NdCl^3, 6H^2O \text{ sol.} + Aq = NdCl^3 \text{ diss.} + 7^{Cal},60.$$

» La solution concentrée de chlorure possède la propriété de dissoudre abondamment l'oxalate de nidyme et les oxalates insolubles des autres terres rares; par refroidissement de la solution chaude, on obtient des cristaux d'oxalochlorures, sels dont la consistance a été signalée par M. Job [1].

» On ne peut pas dessécher à l'étuve le chlorure hydraté sans éviter sa transformation en oxychlorure; mais il n'en est pas de même quand on opère la dessiccation dans un courant de gaz chlorhydrique sec. Chauffé dans ces conditions à 105°, le chlorure perd assez lentement $5H^2O$, puis la déshydratation s'arrête. On a alors un nouveau chlorure monohydraté $NdCl^3H^2O$.

» A 130°, le chlorure $NdCl^3H^2O$ conserve son eau dans le gaz chlorhydrique sec, et il faut atteindre une température supérieure à 160° pour faire disparaître la dernière molécule d'eau et obtenir le sel anhydre pur sans oxychlorure.

---

[1] *Comptes rendus,* t. CXXVI, p. 246.

» Il résulte de là un moyen très simple pour préparer le chlorure anhydre de néodyme, chlorure qui a été préparé récemment par MM. Muthmann et Stüzel [1] en transformant d'abord le sulfate en sulfure dans un courant de gaz sulfhydrique, puis le sulfure en chlorure anhydre par l'intermédiaire du gaz chlorhydrique. J'ai pu préparer ainsi facilement plus de 500gr de chlorure anhydre [2].

» Le chlorure anhydre ainsi préparé se présente sous la forme d'une poudre rosée, d'une déliquescence extrême, qui fond au rouge en donnant un liquide se prenant en une masse cristalline rose transparente par refroidissement. Il n'est pas sensiblement volatil aux températures de 1000° à 1100°. Projeté dans l'eau, le chlorure anhydre s'y dissout en produisant le bruit d'un fer rouge; la chaleur dégagée au moment de la solution a été trouvée égale à $+34^{Cal},80$ à la température de 16° :

(2) $$NdCl^3 + Aq = NdCl^3 \text{ diss.} + 34^{Cal},8.$$

» En combinant les deux équations (1) et (2), on en déduit la chaleur de formation du sel hydraté à partir du sel anhydre :

$$NdCl^3 \text{ sol.} + 6H^2O \text{ sol.} = NdCl^3, 6H^2O \text{ sol.} + 18^{Cal},8.$$

» L'alcool absolu dissout abondamment le chlorure anhydre : j'en ai profité pour déterminer sa masse moléculaire par la mesure de la variation du point d'ébullition de ce dissolvant. Trois expériences ont donné les valeurs suivantes en utilisant la formule $M = K\frac{P}{E}$, où $K = 11,5$:

	E.	P.	M.
	°	gr	
I..........	0,127	2,74	248
II..........	1,154	3,12	233
III..........	0,557	11,11	230

» La masse moléculaire pour la formule $NdCl^3$ est égale à 250 ($Nd = 143,5$). La formule $NdCl^2$ avec $Nd = 95,6$ donnerait une masse moléculaire égale à 166,6. La formule du chlorure de néodyme est donc $NdCl^3$, en admettant que la quantité de néodyme combinée aux trois atomes de chlore représente un seul atome de néodyme. Cette hypothèse se trouve vérifiée par l'étude de l'abaissement du point de congélation de l'eau dissolvant un peu de chlorure. Trois expériences ont donné les valeurs suivantes :

Poids de $NdCl^3, 6H^2O$ dans 100 eau.	Abaissement mesuré.	Abaissement moléculaire ($M = 3,58$).
3,426	0°,565	59,2
2,967	0,50	60,3
1,262	0,230	65,5

[1] *Berichte*, t. XXXII, p. 3413.

[2] J'adresse mes remercîments à MM. Chenal et Douillet; grâce à leur obligeance, j'ai pu disposer de la matière première nécessaire à cette préparation.

» D'après ces résultats, l'abaissement moléculaire limite doit être voisin de 66 à 67. Cette valeur correspond précisément aux sels constitués par trois radicaux acides monovalents unis avec un radical métallique trivalent.

» Raoult a trouvé, par exemple, les abaissements limites suivants pour des sels de même constitution :

$AlCl^3$	64,5
$CrCl^3$	65
$(AzO^3)^3Al$	65,4

» Conséquemment, la molécule de chlorure de néodyme renferme un seul atome de néodyme; toutes les autres hypothèses possibles sont en désaccord avec le nombre précédent.

» En résumé, j'ai : 1° déterminé les principales constantes physiques du chlorure de néodyme; 2° signalé un nouvel hydrate $NdCl^3H^2O$; 3° donné une méthode de préparation simple par le chlorure de néodyme anhydre; 4° démontré que le néodyme est trivalent dans son chlorure et que sa masse atomique correspond à la quantité de métal unie dans ce corps à trois atomes de chlore. J'ajouterai, en terminant, que j'ai pu isoler le métal par l'action du sodium sur le chlorure anhydre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des alliages d'aluminium et de molybdène.* Note de M. Léon Guillet, présentée par M. A. Ditte.

« Dans la dernière Note que j'ai présentée à l'Académie, j'ai montré qu'en réduisant l'acide molybdique par un excès plus ou moins grand d'aluminium dans les conditions précédemment indiquées, on obtient trois combinaisons, qui se présentent sous forme de cristaux magnifiques et correspondent aux formules Al^7Mo, Al^3Mo [1] et $AlMo$.

» J'ai étudié depuis les culots métalliques que l'on obtient dans ces expériences, et j'ai pu en extraire de nouvelles combinaisons. La méthode que j'ai suivie dans l'étude de ces culots est la suivante :

» On choisit une partie métallique absolument nette (il s'y trouve souvent des parties d'alumine); on la broie aussi finement que possible au moyen du mortier d'Abich et du mortier d'agate; la poudre ainsi obtenue est soumise à l'action de l'acide chlorhydrique très étendu; quand il n'y a plus aucun dégagement gazeux, on

---

(1) Une erreur d'écriture m'avait fait confondre précédemment le composé Al^3Mo avec un composé qui aurait répondu à la formule Al^4Mo.

lave les cristaux à l'eau, et on les dessèche dans un courant d'acide carbonique, pour éviter une oxydation qui se produit très aisément.

» Les expériences ont toujours été faites sur 3^{kg} de matières. Elles ont comporté deux séries bien distinctes : dans la première, je me suis servi d'aluminium en grains fractionnés entre les tamis 20 et 30; dans une seconde série, d'aluminium en poudre fine, telle qu'on la trouve dans le commerce, mais préalablement lavée pour enlever toutes matières grasses.

» Voici les résultats généraux auxquels je suis arrivé :

» 1° Parmi les culots obtenus, un grand nombre deviennent très friables au bout de fort peu de temps. C'est ainsi que tous ceux compris entre les expériences donnant théoriquement Al^6Mo et Al^3Mo, abandonnés dans des conserves au laboratoire, se sont transformés en poudre impalpable;

» 2° Quelques culots se présentent sous une forme cristalline et, de plus, ne sont pas attaqués par HCl étendu. Ils sont donc constitués par une ou plusieurs combinaisons d'aluminium et de molybdène;

» 3° Lorsque l'on emploie un mélange de poudre d'aluminium et d'acide molybdique, il n'est plus nécessaire de se servir de la poudre d'allumage; il suffit de jeter une allumette enflammée sur la surface du mélange. Cela est, d'ailleurs, vrai pour les autres oxydes se présentant sous forme de poudre, notamment TuO^3, SnO^2, TiO^2, etc....

» 4° Tous les culots traités, comme je l'ai dit, par HCl étendu, laissent un résidu nettement cristallisé;

» 5° Les résultats varient énormément avec le grain d'aluminium;

» 6° Au cours de ces expériences, j'ai remarqué très souvent la présence de rognons métalliques qui se forment à la surface de la masse. Ces rognons sont formés par des agglomérats de cristaux provenant de combinaisons AlMo, toujours plus riches en aluminium que la partie qui constitue le culot.

» Je décrirai d'abord les diverses combinaisons que j'ai obtenues et leur meilleur mode de production :

» 1° Le culot obtenu dans la réaction donnant théoriquement Al^3Mo laisse un résidu qui est la combinaison AlMo, que j'ai déjà isolée sous forme de cristaux filiformes. D'ailleurs, toute la partie métallique est formée par un agglomérat de cristaux ayant de très fortes dimensions, mais qui ne peuvent être séparés de la masse.

» 2° Le culot préparé dans l'expérience donnant théoriquement AlMo et faite avec Al en grains laisse des cristaux qui correspondent à la formule Al^2Mo.

» 3° L'expérience qui donne théoriquement $AlMo^2$ laisse, quand l'on emploie Al en poudre, un culot parfaitement cristallin qui n'est pas attaqué par HCl étendu et correspond à la formule $AlMo^4$.

» 4° La réaction donnant théoriquement $AlMo^5$ fournit, quand on uti-

lise Al en poudre, un culot qui est formé uniquement de petits cristaux très nets. Traité par HCl étendu, il ne laisse dégager aucun gaz. Il est extrêmement riche en molybdène et semble correspondre à la formule $AlMo^{20}$.

» De plus, un grand nombre de réactions laissent des résidus cristallisés formés probablement de plusieurs combinaisons. Le même mélange est généralement obtenu dans plusieurs réactions; il m'a été impossible de séparer les combinaisons y entrant, soit par réactif chimique, soit par des différences de densités. Certains de ces mélanges doivent être eutectiques.

» Je résumerai les résultats obtenus dans le Tableau suivant :

Tableau résumant les résultats obtenus en réduisant l'acide molybdique par Al *en grains de différentes grosseurs.*

Expériences faites en vue de la production des composés théoriques.	Cristaux pouvant être isolés à la main, obtenus en employant de l'aluminium scindé entre les tamis 20 et 30.	Poudres cristallines obtenues en traitant les culots préparés avec l'aluminium fractionné entre les tamis 20 et 30.	Poudres cristallines obtenues en traitant les culots préparés avec Al en poudre.
Al^6Mo (limite d'inflammation)	Rognons de cristaux : Al^7Mo	Mélange de cristaux { Mo = 42,7 ; Al = 57,3 }	Pas de culot net
Al^5Mo	Pas de cristaux pouvant être triés	Mélange de cristaux correspondant à { Mo = 44,5 ; Al = 54,5 }	»
Al^4Mo	Cristaux lamellaires : Al^3Mo	»	»
Al^3Mo	»	Cristaux correspondant à Al^3Mo	Cr. correspondant à AlMo
Al^2Mo	Cr. Al^3Mo + cr. filiformes AlMo	Le culot n'est formé que par les cristaux Al^3Mo	Cristallisations disséminées dans la masse d'alumine
AlMo	Cr. $AlMo^3$ + cr. filiformes AlMo	Cristaux correspondant à Al^2Mo	
$AlMo^2$	Cristaux lamellaires Al^3Mo	Mélange de cristaux correspondant à { Mo = 68,8 ; Al = 31,2 }	Cr. correspondant à $AlMo^4$
$AlMo^3$	Pas de cristaux pouvant être triés	»	Mélange de cristaux { Mo = 93,9 ; Al = 6,1 }
$AlMo^4$		»	»
$AlMo^5$	Masse cristalline	»	Cr. correspondant à $AlMo^{20}$
$AlMo^{10}$		»	Pas de culot net
$AlMo^{12}$		»	»
$AlMo^{15}$	Pas de culot net	Pas de culot net	»

» J'avais pensé obtenir d'autres combinaisons en utilisant de l'aluminium en grains compris comme grosseur entre ceux que j'avais employés. Je me suis servi d'aluminium dit *aluminium de thermite;* mais je n'ai obtenu que des résultats déjà connus.

» *En résumé*, la réduction de l'acide molybdique par l'aluminium permet d'isoler au moins six combinaisons correspondant aux formules Al^7Mo, Al^3Mo, Al^2Mo, AlMo, $AlMo^4$ et, enfin, un composé très riche en molybdène qui semble correspondre à $AlMo^{20}$. J'étudie actuellement leurs propriétés. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Cristallisation de l'oxyde de cérium.* Note de M. **Jean Sterba**, présentée par M. H. Moissan.

« L'oxyde de cérium cristallisé a été préparé d'abord par Nordenskjöld ([1]), par Didier ([2]), puis par Grandeau ([3]). Le produit de Nordenskjöld était très pur; il l'obtenait en dissolvant l'oxyde dans le borax. Nous avons employé la même méthode et, de plus, la fusion en présence de chlorure de sodium ou de sulfate de potassium, ce qui nous permettait de faire varier la température de cristallisation de l'oxyde de cérium.

» A. *Cristallisation dans le chlorure de sodium.* — Nous avons chauffé pendant huit heures un mélange de cinq parties de sel marin avec une partie d'oxyde bien calciné et amorphe. Après lavage à l'eau et à l'acide azotique, le produit obtenu est blanc de neige, cristallisé en cubo-octaèdres inactifs à la lumière polarisée et ayant toutes les propriétés de l'oxyde amorphe. Sa densité à 17° dans l'essence de térébenthine est de 7,314.

» B. *Cristallisation dans le borax.* — En chauffant l'oxyde avec moitié de son poids de borax pendant onze heures dans le platine, nous avons obtenu une masse poreuse qui, traitée par l'acide chlorhydrique et l'eau, a laissé des cristaux bien nets, isotropes, complètement semblables aux précédents. Densité : 7,415.

» C. *Cristallisation dans le sulfate de potassium.* — L'oxyde de cérium était chauffé avec du bisulfate de potassium jusqu'à expulsion complète de l'acide sulfurique; nous avons employé 14 parties d'oxyde pour 40 de bisulfate. La masse, mise dans un creuset de porcelaine, fut soumise pendant vingt-quatre heures à un feu violent. Elle nous a donné, après lavages à l'acide chlorhydrique, à la potasse étendue, puis de nouveau à l'acide chlorhydrique, un corps cristallisé en cubes non modifiés par des faces d'octaèdre; les cristaux, petits, transparents, ne possédaient pas d'action sur la lumière polarisée. Leur densité était de 7,995.

» Dans un de nos essais, l'oxyde cristallisé avait une couleur vert-olive. L'analyse nous a permis de découvrir qu'il renfermait du fer sous forme de sel ferreux. Cette coloration, mentionnée déjà par Bunsen ([4]), est décrite par lui comme caractéristique de l'oxyde de cérium.

» Nous avons voulu opérer à des températures encore plus élevées et essayer la cristallisation par fusion.

([1]) *Poggendorfer Annalen,* t. CXIV, p. 616.
([2]) *Thèse de la Faculté des Sciences,* p. 14. Paris.
([3]) *Comptes rendus,* t. C, p. 1134.
([4]) Bunsen, *Liebigs Annalen,* t. CV, p. 451.

» Des pastilles d'oxyde aggloméré, chauffées au chalumeau oxhydrique n'ont pas présenté trace de fusion. Dans le four électrique Moissan, l'oxyde fond, mais nous avons poursuivi nos essais sans résultat, car l'oxyde fondu ne tarde pas à se combiner au carbone, comme M. Moissan [1] l'a déjà signalé. Dans des creusets brasqués, la chaux, la magnésie viennent souiller l'oxyde, et nous n'avons pu obtenir l'oxyde fondu exempt de matières étrangères. Nous avons étudié la plupart des propriétés chimiques de cet oxyde cristallisé; elles sont identiques à celles de l'oxyde amorphe bien pur. L'oxyde cristallisé ne se combine pas à l'acide sulfurique, il n'est attaqué par aucun liquide, ce qui ne nous a pas permis de vérifier si la chaleur de formation était différente de celle de l'oxyde amorphe.

» *Conclusions.* — Par des essais de cristallisations de l'oxyde de cérium à différentes températures, nous avons toujours obtenu ce corps en cubes ou cubo-octaèdres, isotropes, incolores et transparents, mais dont la densité variait suivant la température de cristallisation. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude du cœsium.* Note de M. C. Chabrié, présentée par M. Moissan.

« Lorsque l'on attaque le pollux, même finement pulvérisé, par les carbonates alcalins fondus, on s'aperçoit que l'opération cesse de donner des résultats quantitatifs satisfaisants lorsque l'on opère sur des quantités de substance un peu considérables. Ainsi, en chauffant 15^{gr} de pollux avec 20^{gr} de carbonate de soude et 20^{gr} de carbonate de potasse pendant plus d'une heure, au four à gaz de Perrot, j'ai constaté qu'un quart environ du minéral n'avait pas été attaqué; un temps de chauffe plus long n'améliorait pas beaucoup l'opération.

» Pour attaquer le pollux je me suis arrêté au procédé suivant :

» On verse, par petites portions, du pollux séché à 130° et réduit en poudre fine dans une capsule de platine contenant un poids d'acide fluorhydrique pur cent fois plus considérable que celui du minéral. A 130°, le pollux séché perd environ 2 pour 100 de son poids. En disant que le silicate doit être finement pulvérisé, j'entends que la grosseur moyenne de ses grains doit être d'environ $0^{mm},05$; cette poudre a été tamisée à travers un tamis dont les mailles ont $0^{mm},20$ à $0^{mm},25$ de diamètre, et l'on a pris les parties de la poudre qui ont traversé les premières ce crible. On peut trouver

(1) H. Moissan, *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 357.

qu'il y a quelque exagération à prendre 100 parties d'acide pour 1 partie de minéral, mais l'expérience m'a montré que cette quantité est nécessaire. Si l'on se contente d'une proportion moitié moins grande, une partie du minéral reste inattaquée et résiste ensuite à l'action d'une nouvelle quantité d'acide équivalente à la première.

» Dès que l'on a fini de verser graduellement, et en agitant, la poudre dans l'acide, on chauffe jusqu'à l'ébullition que l'on maintient jusqu'à dissolution presque complète. Il reste, en effet, environ 1 à 2 pour 100 du silicate qui ne se dissout pas. Dans une opération bien conduite, l'ensemble des produits insolubles a été de 2,13 pour 100 du poids du pollux attaqué.

» Le liquide filtré peut être traité de différentes manières qui ont toutes pour but de séparer les sels alcalins des autres sels, puis de les transformer en carbonates que l'on évapore à siccité.

» Le résidu, mis à digérer avec de l'alcool absolu maintenu à l'ébullition plusieurs heures, lui cède tout le cœsium qu'il contient à l'état de carbonate. On obtient ainsi des nombres concordants et satisfaisants.

» En plus des composés nouveaux du cœsium que j'ai décrits (*Comptes rendus,* t. CXXXII, p. 678), j'ai cherché à préparer d'autres combinaisons de cœsium qui n'ont pas encore été obtenues. Je parlerai seulement aujourd'hui du sulfite, du bisulfite, de l'hyposulfite et de l'hyposulfate de cœsium.

» 1° *Sulfites de cœsium.* — On a pris 14gr de carbonate de cœsium pur, on l'a dissous dans 400cc d'alcool éthylique marquant 99° et bouillant. On a divisé la solution en deux parties de 200cc chacune. L'une d'elles a été saturée de gaz sulfureux sec après trois heures de passage du gaz. Le bisulfite produit s'est en partie précipité sous la forme d'une poudre blanche. Le tout, liqueur alcoolique et précipité, a été additionné des 200cc de solution alcoolique, de carbonate de cœsium, et a été chauffé trois heures au bain-marie, avec réfrigérant ascendant. On a ensuite rapidement distillé l'alcool et mis le résidu sur une plaque poreuse portée dans un dessiccateur dans lequel on a maintenu le vide. On a recueilli une masse cristallisée et blanche, soluble dans moins de son poids d'eau à la température de 100°.

» On a ainsi obtenu un *sulfite anhydre* et ne contenant *pas de quantités pondérables de sulfate.*

» Il n'en aurait pas été de même si l'on avait préparé ce sulfite comme on a l'habitude de préparer les sulfites alcalins, *c'est-à-dire en présence de l'eau seule.*

» En effet, en recommençant les mêmes manipulations, mais en remplaçant l'alcool concentré (ne contenant que la proportion d'eau nécessaire à la formation du bisulfite) par l'eau seule, j'ai obtenu, même en purifiant le produit par des cristallisations fractionnées, un sulfite de cœsium très bien cristallisé, mais renfermant 9,29 pour 100 d'eau et 3,77 pour 100 d'acide sulfurique [1].

---

[1] Trouvé : $H^2O = 9,29$; $SO^3 = 17,80$; $Cs = 68,16$; $SO^4 = 3,77$, ce qui correspond à un mélange de sulfite et de sulfate.

» Le *bisulfite de cœsium* préparé par l'action du gaz sulfureux en excès sur la solution alcoolique du carbonate de cœsium est, comme le sulfite, formé de cristaux bien blancs, très solubles dans l'eau et peu solubles dans l'alcool. Il est également anhydre. L'analyse concorde bien avec la formule SO^3Cs^2 pour le sulfite, et avec la formule SO^3CsH pour le bisulfite (1).

» 2° *Hyposulfite de cœsium.* — On a fait bouillir pendant trois quarts d'heure 5^{gr} de SO^3Cs^2 avec 5^{gr} de soufre en fleurs et 20^{cc} d'eau que l'on renouvelait à mesure qu'elle s'évaporait. Puis on a filtré. La liqueur, évaporée spontanément dans le vide, en présence d'acide sulfurique, a laissé déposer des petits cristaux en aiguilles extrêmement solubles dans l'eau. L'analyse conduit à la formule $S^2O^3Cs^2$ (2).

» 3° *Hyposulfate de cœsium.* — On a mêlé deux dissolutions chaudes de sulfate de cœsium et de dithionate de baryum. La première renfermait $20^{gr},996$ de sulfate, la seconde $17^{gr},226$ de l'hyposulfate. Il faut éviter de dépasser 60°. Puis, après filtration et lavage, on a fait cristalliser dans le vide. On a obtenu de très beaux cristaux incolores, en tables hexagonales bien transparentes mesurant 7^{mm} à 8^{mm} de diamètre, sur une épaisseur de 1^{mm} à 2^{mm}, qui se prêteront, je l'espère, à des déterminations goniométriques. Ce composé se comporte comme les hyposulfates sous l'action de la chaleur en se décomposant en sulfite et sulfate. Il cristallise anhydre. Son analyse lui assigne la formule $S^2O^6Cs^2$ (3). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides pyrogallol-sulfoniques* (4).
Note de M. **Marcel Delage**, présentée par M. A. Ditte.

« *Dosage alcalimétrique de l'acide pyrogallol-disulfonique.* — On a pesé 1^{gr} d'acide disulfonique pur, et l'on a titré alcalimétriquement à la phtaléine. Le virage, un peu gêné par la teinte jaune que prend graduellement le mélange, est cependant assez net. Le passage au rouge vif a lieu seulement lorsqu'on a ajouté trois molécules de potasse pour 1 molécule d'acide, c'est-à-dire qu'il correspond à la saturation des deux groupes acides SO^3H et d'un groupe phénolique OH, comme le montrent les chiffres suivants :

» Trouvé : 1^{gr} d'acide $C^6H(OH)^3(SO^3H)^2 + 4H^2O$ sature $0^{gr},470$ KOH.

» Théorie : 1 molécule d'acide $= 1^{gr}$, sature 3 molécules $KOH = 0^{gr},469$ KOH.

» *Dosage alcalimétrique de l'acide pyrogallol-monosulfonique.* — L'acide n'ayant pu être obtenu pur et cristallisé, le titrage a dû être fait indirectement. Dans

---

(1) Pour le sulfite :	Trouvé....................	$SO^3 = 23,07$,	$Cs = 76,27$;
	Théorie pour SO^3Cs^2.......	$SO^3 = 23,19$,	$Cs = 76,81$.
Pour le bisulfite :	Trouvé....................	$SO^3 = 37,23$,	$Cs = 61,79$;
	Théorie pour SO^3CsH	$SO^3 = 37,45$,	$Cs = 62,06$.

(2) Trouvé : $S = 17,00$, $Cs = 69,61$. Théorie pour $S^2O^3Cs^2$: $S = 16,97$, $Cs = 70,29$.

(3) Trouvé : $S = 15,07$, $Cs = 62,57$. Théorie : $S = 15,04$, $Cs = 62,28$.

(4) Voir *Comptes rendus*, 20 août 1900 et 18 février 1901.

une solution aqueuse de l'acide brut, contenant un excès de SO^4H^2 libre, on dose cet excès à l'état de SO^4Ba; on titre ensuite alcalimétriquement la solution et l'on retranche du nombre obtenu la potasse correspondant à l'excès de SO^4H^2. On a ainsi le titre alcalimétrique de l'acide monosulfonique. On vérifie la quantité de celui-ci contenue dans la solution, en l'oxydant par l'acide nitrique et dosant le soufre dans la liqueur. En retranchant du résultat obtenu le nombre afférent à l'excès de SO^4H^2, on connaît le soufre correspondant à l'acide monosulfonique.

» Le virage à la phtaléine est ici beaucoup plus indécis que dans le cas précédent, mais en s'arrêtant au rouge franc on constate, comme plus haut, qu'il a lieu lorsque 2^{mol} de potasse ont été ajoutées pour 1^{mol} d'acide, c'est-à-dire lorsque la potasse a saturé le groupement acide et un groupe phénolique.

» Trouvé : acide correspondant à 1^{gr} de soufre $= 1^{mol}$, sature $3^{gr},52$ de KOH.

» Théorie : acide correspondant à 1^{gr} de soufre $= 1^{mol}$, sature 2^{mol} KOH $= 3^{gr},50$ KOH.

» Dans les deux cas, le virage au tournesol n'offre aucune netteté.

» Si l'on essaye de saturer le pyrogallol par la potasse, le virage à la phtaléine n'est pas précis et la solution passe du jaune à l'orangé et au rouge foncé à mesure qu'on ajoute de la potasse jusqu'à une quantité correspondant à 1^{mol}. Toutefois, on peut remarquer qu'il faut ajouter une certaine quantité d'alcali avant que la solution commence à se colorer. Il semble que la présence d'un et surtout de deux groupes acides accentue le caractère électronégatif des radicaux phénoliques du pyrogallol.

» *Acide pyrogallol-monosulfonique.* — Le sel de baryum et le sel de calcium ont été décrits dans une Note précédente.

» On a préparé, par double décomposition entre une molécule de sel de baryum et une molécule d'un sulfate métallique, un certain nombre de sels. Les plus intéressants sont les sels alcalins.

» *Pyrogallol-monosulfonate de potassium :* $C^6H^2(OH)^3SO^3K + 2H^2O$. — Gros cristaux transparents, légèrement jaunâtres, très solubles dans l'eau d'où le sel cristallise en grandes tables clinorhombiques.

» *Pyrogallol-monosulfonate de sodium :* $C^6H^2(OH)^3SO^3Na + 2H^2O$. — Gros cristaux jaune clair, solubles dans l'eau, d'où ils se déposent en grandes tables du système du prisme clinorhombique.

» *Pyrogallol-monosulfonate d'ammonium :* $C^6H^2(OH)^3SO^3(AzH^4) + H^2O$. — Très gros cristaux, incolores, transparents, très solubles dans l'eau; prismes ou aiguilles appartenant au système clinorhombique.

» La teneur différente en eau de cristallisation du sel de potassium et du sel d'ammonium fait qu'ils ne sont pas isomorphes, contrairement à ce qui s'observe généralement entre les sels correspondants de potassium et d'ammonium et en particulier pour le disulfonate. Les isomères sont peut-être des hydrates différents de ceux décrits ici et stables à des températures différentes de la température normale.

» Chiffres d'analyse pour ces trois sels :

	Sel de potassium.		Sel de sodium.		Sel d'ammonium.	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
H^2O	13,07	12,85	13,86	13,63	7,82	7,46
S	13,45	13,11	14,05	14,03	14,45	14,34
K ou Na..	15,94	15,98	9,70	10,08	»	»

» *Sels de l'acide pyrogallol-disulfonique.* — Le sel de baryum

$$C^6H(OH)^3(SO^3)^2Ba + \tfrac{1}{2}H^2O$$

et le sel de calcium

$$C^6H(OH)^3(SO^3)^2Ca + 4H^2O$$

ont été décrits dans une précédente Note.

» Moyenne des chiffres d'analyse pour ces deux sels :

	Sel de baryum.		Sel de calcium.	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
Ba ou Ca........	31,08	32,5	13,34	12,03
S...............	15,1	15,2	17,8	17,72
H^2O............	2,03	2,09	18,20	18,7

» On prépare, par double décomposition entre une molécule du sel de baryum et une molécule d'un sulfate métallique, un certain nombre de sels de l'acide pyrogallol-disulfonique. Les sels alcalins sont les mieux cristallisés.

» *Pyrogallol-disulfonate de potassium :* $C^6H(OH)^3(SO^3K)^2 + 2H^2O$. — Gros cristaux transparents légèrement jaunâtres, solubles dans l'eau.

» *Pyrogallol-disulfonate de sodium :* $C^6H(OH)^3(SO^3Na)^2 + 3\tfrac{1}{2}H^2O$. — Fines aiguilles blanches feutrées, très solubles dans l'eau.

» *Pyrogallol-disulfonate d'ammonium :* $C^6H(OH)^3(SO^3 - AzH^4)^2 + 2H^2O$. — Très grandes tables carrées surmontées d'une pyramide très aplatie. Cristaux transparents, incolores, très solubles dans l'eau et très efflorescents. Ils peuvent perdre la presque totalité de leur eau de cristallisation par simple exposition à l'air.

» Le sel d'ammonium et le sel de potassium sont isomorphes. Ils contiennent le même nombre de molécules d'eau de cristallisation et peuvent cristalliser ensemble. On rencontre des cristaux très bien formés, renfermant à la fois de l'ammoniaque et du potassium.

Chiffres d'analyse pour ces trois sels.

	Sel de potassium.		Sel de sodium.		Sel d'ammonium.	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
H^2O.......	8,72	9,04	16,03	16,03	10,03	10,11
S..........	18,18	17,68	19,16	19,45	19,97	20,00
K ou Na ...	21,13	21,54	13,74	13,98	»	»

» *Pyrogallol-disulfonate d'aluminium.* — Très petits cristaux blanc jaunâtre, aiguillés, à toucher gras.

» *Pyrogallol-disulfonate de magnésium.* — Très petits cristaux d'un blanc jaunâtre.

» Les sels de cuivre, nickel, manganèse, zinc forment des bouillies cristallines d'un blanc plus ou moins jaunâtre. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'alcool éthylique sur l'éthylate de baryte; synthèse de l'alcool butylique normal.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. Henri Moissan.

« J'ai déjà eu l'honneur d'exposer à l'Académie les premiers résultats de mes recherches sur une nouvelle méthode de synthèse des alcools, fondée sur la réaction qui s'effectue au voisinage de 200° entre les alcools et leurs dérivés sodés ([1]).

» A cette température il s'élimine une molécule de soude entre ces composés, et il se forme un alcool deux fois plus condensé que l'alcool générateur; la réaction peut être formulée de la manière suivante :

$$C^nH^{2n+1}ONa + C^nH^{2n+1}OH = C^{2n}H^{2n+1}OH + NaOH.$$

» La soude ainsi produite réagit ensuite sur les alcools pour les transformer partiellement en sels de soude des acides correspondants, avec dégagement d'hydrogène.

» On obtient ainsi, avec l'alcool isoamylique $C^5H^{12}O$, l'alcool diamylique $C^{10}H^{22}O$ et l'acide isovalérique; avec l'alcool œnanthylique $C^7H^{16}O$, de l'alcool diœnanthylique $C^{14}H^{30}O$ et de l'acide œnanthylique; avec l'alcool caprylique $C^8H^{18}O$, de l'alcool dicaprylique $C^{16}H^{34}O$ et de l'acide caprylique.

» L'alcool éthylique C^2H^6O semblait faire exception; car, en le chauffant à 210° avec son dérivé sodé, on n'obtient pas d'alcool butylique $C^4H^{10}O$, comme il était permis de l'espérer, mais bien de l'éthylène. L'élimination de la soude, au lieu de s'effectuer entre l'alcool et son dérivé sodé, comme dans le cas des alcools d'atomicité plus élevée, s'effectue simplement aux dépens de l'éthylate de soude:

$$C^2H^5ONa = C^2H^4 + NaOH.$$

» J'ai pensé que la réaction générale, qui ne se produit pas avec l'éthylate de soude, se produirait peut-être avec l'éthylate de baryte, et l'expérience a confirmé mon hypothèse. En chauffant à 230°-240° une solution concentrée d'éthylate de baryte dans l'alcool absolu, il se produit, ainsi que nous allons le voir, une petite quantité d'alcool butylique normal,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 511 et 1002, et t. CXXXII, p. 207 et 685.

en même temps que de l'éthylène, de l'hydrogène, de l'acétate et du carbonate de baryte.

» On prépare la solution concentrée d'éthylate de baryte, comme le recommande M. Berthelot (1), en dissolvant à froid de la baryte caustique dans l'alcool absolu et portant la solution à l'ébullition. L'éthylate de baryte, moins soluble à chaud qu'à froid, se précipite, et il suffit de décanter la plus grande partie de l'alcool surnageant pour avoir une solution concentrée d'éthylate de baryte. Celle qui a servi à mes expériences en renfermait 28,5 pour 100.

» Cette solution est distribuée dans des tubes que l'on scelle à la lampe et que l'on chauffe à 230° — 240° pendant trois fois vingt-quatre heures. Toutes les vingt-quatre heures, on ouvre les tubes pour donner issue aux gaz et on les ferme de nouveau.

» On fait passer les gaz ainsi produits dans une série de cinq flacons laveurs renfermant successivement : de l'eau, du brome, une solution de soude, de l'acide sulfurique concentré, de l'alcool absolu; puis on les recueille sur la cuve à eau. Le brome a pour but de retenir l'éthylène, la soude retient les vapeurs du brome, l'acide sulfurique dessèche le gaz, enfin l'alcool absolu est destiné à dissoudre éventuellement le formène qui se forme, comme M. Destrem l'a montré (2), dans la décomposition pyrogénée de l'éthylate de baryte. Disons de suite qu'il ne s'est pas produit de formène dans mes expériences. On trouve, au contraire, qu'il s'est formé une petite quantité de bromure d'éthylène, et l'analyse du gaz recueilli sur la cuve à eau montre qu'il est seulement formé d'hydrogène.

» Le contenu des tubes scellés est alors introduit dans un ballon et distillé au bain d'huile jusqu'à siccité. Le résidu se montre formé d'acétate, de carbonate de baryte et d'éthylate de baryte non altéré.

» Le distillat est rectifié à la colonne Le Bel-Henninger : il passe à la distillation entre 76° et 130°, la plus grande partie entre 76° et 80°; et, comme les premières fractions présentent nettement l'odeur de l'éther acétique, on réunit toutes les fractions et on les fait bouillir à reflux avec de la potasse caustique afin de saponifier les éthers. On rectifie ensuite un grand nombre de fois et l'on arrive à séparer une petite quantité de liquide bouillant à 115°-117° comme l'alcool butylique normal et possédant la composition de ce composé $C^4H^{10}O$ (C trouvé 62,9, calculé 63,16; H trouvé 16, calculé 15,79).

» Afin de l'identifier d'une manière certaine, on en oxyde 1gr par le mélange chromique et l'on obtient un acide possédant l'odeur de l'acide butyrique; on en prépare le sel ammoniacal, puis l'amide, et l'on constate que celui-ci fond à 114°-115°, alors que l'amide butyrique normal fond à 115°.

» Il est donc bien démontré qu'il se forme de l'alcool butylique normal dans l'action à 230°-240° de l'alcool éthylique sur l'éthylate de baryte; mais la réaction est très lente et ne donne que de faibles rendements. En

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXX, p. 142.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVII, p. 23.

opérant sur 500gr de la solution concentrée d'éthylate de baryte, il n'a été obtenu que 3gr environ d'alcool butylique. Je rappelle que la synthèse des alcools diamylique, diœnanthylique, dicaprylique s'effectue au contraire avec d'excellents rendements.

» La réaction semble être d'autant plus facile que le poids moléculaire de l'alcool employé est plus élevé. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition de l'albumen de la graine de* Phœnix canariensis *et sur les phénomènes chimiques qui accompagnent la germination de cette graine.* Note de MM. **Ém. Bourquelot** et **H. Hérissey.**

« Le *Phœnix canariensis* Hort. est un palmier d'ornement, qui a été introduit en Provence vers le milieu du siècle dernier. Il diffère du *Phœnix dactylifera* (dattier) par les caractères de son fruit, qui est de forme arrondie et à pulpe filandreuse.

» Au mois de décembre dernier, M. H. Dellor nous adressa d'Hyères d'amples régimes de fruits de ce *Phœnix*. Ces fruits n'étaient pas complètement arrivés à maturité; mais déjà, pourtant, les graines en étaient susceptibles de germer.

» Ces graines sont constituées par un albumen corné, dans lequel se trouve inclus un tout petit embryon. Cet albumen corné différant de ceux que nous avions étudiés jusqu'ici, nous avons pensé à suivre les phénomènes chimiques qui en déterminent la disparition durant la germination. Mais, auparavant, il fallait en établir la composition.

» *Analyse de l'albumen par hydrolyse.* — Dans une première série d'expériences nous avons soumis la graine entière, préalablement pulvérisée, à trois hydrolyses successives, pour lesquelles on employait de l'acide sulfurique de concentration croissante.

» *Première hydrolyse.* — 20gr de graine broyée finement ont été traités à l'ébullition par de l'acide sulfurique dilué à 3 pour 100 (200cc). L'opération a été faite dans un ballon relié à un réfrigérant à reflux; l'ébullition a duré deux heures, le ballon étant agité fréquemment. Il s'était formé 4gr,16 de sucre réducteur, dont 2gr,43 de mannose et 0gr,18 de galactose.

» *Deuxième hydrolyse.* — Le résidu de l'opération précédente a été traité de la même façon par de l'acide sulfurique dilué à 4 pour 100, pendant une heure et demie. Cette fois on a obtenu 1gr de sucre réducteur, renfermant 0gr,90 de mannose et pas trace de galactose.

» *Troisième hydrolyse.* — Le résidu de la troisième opération a été lavé et desséché,

puis délayé à froid dans sept fois son poids d'acide sulfurique à 75 pour 100 (méthode Braconnot-Flechsig). Après un contact de vingt-quatre heures, on a ajouté de l'eau distillée de façon à avoir un liquide contenant 2,5 d'acide pour 100, et l'on a fait bouillir pendant deux heures. La liqueur renfermait alors $7^{gr},32$ de sucre réducteur, dont $5^{gr},43$ de mannose. Elle ne contenait pas de galactose.

» Pour apprécier ces résultats, il faut tenir compte de ce fait que la graine, outre son petit embryon, renferme de l'eau et des matières grasses (quantités trouvées dans un essai : eau 9,8 pour 100; matières grasses 8,62 pour 100).

» On voit ainsi que l'albumen fournit par hydrolyse surtout du mannose. La résistance à l'hydrolyse montre, en outre, que le mannose obtenu ne provient pas d'une mannane unique, mais de mannanes diversement condensées, dont les plus résistantes ne peuvent être hydrolysées qu'en ayant recours au procédé Braconnot-Flechsig.

» Au surplus, on aboutit, en une seule fois, à l'hydrolyse totale des mannanes en opérant comme il suit :

» A 100^{gr} de poudre de graine, on ajoute 150^{gr} d'acide sulfurique à 70 pour 100; on mélange au mortier et on laisse en contact pendant douze à quinze heures. On additionne d'eau, de façon à faire exactement 2000^{cc}. On chauffe à l'autoclave pendant une heure et demie à 110°; on laisse refroidir, on filtre et on lave. Dans une expérience ainsi conduite, le liquide obtenu renfermait $52^{gr},62$ de sucre réducteur, dont $47^{gr},1$ de mannose. Ce dernier peut être facilement séparé à l'état d'hydrazone, puis régénéré à l'aide de l'aldéhyde benzoïque, et finalement obtenu à l'état cristallisé en suivant les indications que nous avons données antérieurement.

» On a là un procédé de préparation du mannose, plus simple et plus commode que ceux qui ont été proposés jusqu'ici. On peut l'appliquer au traitement de la noix de corrozo; dans ce cas, il donne jusqu'à 50 à 60 pour 100 de mannose.

» *Germination de la graine.* — La germination s'obtient aisément en mettant les graines à l'étuve à 25° entre deux feuilles de coton hydrophile mouillé, que l'on a soin de maintenir humide. Au bout d'un mois, la germination nous paraissant suffisamment avancée, nous avons recherché le mannose dans les différentes parties du germe : il n'en a pas été trouvé.

» On a alors fait les deux opérations suivantes :

» 1° Après avoir séparé la plantule, on a extrait d'un certain nombre de graines le cotylédon inclus dans l'albumen et fortement accru; on a broyé ces cotylédons; on les a ajoutés à de la poudre d'albumen délayée dans de l'eau — le mélange de poudre et d'eau ayant été préalablement porté à la température de l'ébullition, pour détruire

toute trace de ferment, — et, après addition de 1 pour 100 de fluorure de sodium, on a abandonné le tout à l'étuve à 25° pendant un mois. Au bout de ce temps, nous avons constaté très nettement qu'il s'était formé une petite quantité de mannose.

» 2° On a broyé les restes d'albumen débarrassés des cotylédons, on a délayé la poudre dans de l'eau fluorée à 1 pour 100, et, au bout de quelques jours, on a constaté également qu'il s'était formé du mannose, alors qu'il ne s'en était pas produit dans un mélange identique porté préalablement à l'ébullition.

» On peut, semble-t-il, conclure de ces dernières expériences : 1° qu'il y a production, durant la germination des graines de *Phœnix canariensis*, d'un ferment soluble capable d'hydrolyser les mannanes de l'albumen avec formation de mannose ; 2° que ce ferment pénètre dans l'albumen et qu'il imprègne au moins les portions de cet albumen qui touchent au cotylédon ; 3° que le mannose formé est utilisé au fur et à mesure de sa formation. »

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *De la constitution histologique de la rétine en l'absence congénitale du cerveau.* Note de MM. **N. Vaschide** et **Cl. Vurpas**.

« L'examen d'un sujet privé congénitalement de cerveau ([1]), né avec des yeux un peu gros et relativement bien conformés, nous a permis d'étudier quels rapports il y avait entre le développement des hémisphères et celui de la rétine, véritable centre nerveux périphérique hautement différencié en vue d'une fonction spéciale.

» A l'œil nu, la membrane rétinienne nous avait déjà paru normale. L'examen histologique a été pratiqué avec les méthodes au picro-carmin, à la fuchsine, au bleu méthylène. Des dissociations à l'état frais ont également été faites. Dans la description que nous donnons de la rétine, nous emploierons les termes de la classification de Max Schultze. Nous voyons successivement, de dehors en dedans, c'est-à-dire des cellules choroïdiennes à la partie interne de l'œil : d'abord la couche des cônes et des bâtonnets, qui est la moins nette de toutes, quoique l'examen des diverses préparations ne laisse aucun doute sur l'existence de ses éléments. Puis on voit se détacher très nettement les diverses couches suivantes : la couche épaisse et bien colorée des grains externes, la couche granuleuse externe, celle des grains internes, où nous voyons des cellules unipolaires et des cellules bipolaires, la couche granuleuse interne, la couche des cellules ganglionnaires, enfin la couche formée par les fibres du nerf

---

([1]) N. Vaschide et Cl. Vurpas. *Comptes rendus*, 11 mars 1901. — *Revue générale des Sciences*, n° 8, p. 373-381; 30 avril 1901. — *Comptes rendus*, 8 juillet 1901.

optique, qui dessinent des mailles délicates à ce niveau. Cet aspect a été observé pour l'œil droit comme pour l'œil gauche.

» Le nerf optique se terminait à peu de distance de sa sortie de l'œil.

» Notre cas de monstre anencéphalien possédant deux rétines normalement constituées n'est pas le seul. Déjà M. Pierret [1] a cité deux cas analogues de rétines saines et normales coïncidant avec l'absence complète de cerveau.

» Ces constatations ne nous semblent pas infirmer les idées des embryologistes, qui veulent que la rétine ne soit qu'une expansion cérébrale dont la première ébauche est constituée par la vésicule optique, simple évagination du système nerveux central supérieur. Ces divers cas prouvent simplement, à notre avis, que le cerveau a dû exister chez ces sujets à une période antérieure au moment où la vésicule optique s'est évaginée. Cette dernière, qui concourt pour la plus large part à la constitution de la rétine, étant séparée de ses centres supérieurs détruits par un processus inflammatoire très intense, a continué à se développer pour son propre compte. Son développement a été tout à fait normal; il n'a été nullement entravé, et n'a subi nul trouble dans son évolution, du fait de sa discontinuité avec les régions nerveuses, qui habituellement lui font directement suite. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la raréfaction produite dans la tige sur la formation des thylles gommeuses.* Note de M. **Louis Mangin**, présentée par M. Guignard.

» Les thylles normales ou les thylles gommeuses, dont la formation a été étudiée par Böhm, Rees, Frank, Gaunersdorfer, Temme et Praël, et enfin Molisch, et qui se développent si abondamment dans les rameaux coupés ou dans le bois ancien, auraient pour conséquence d'entraver les courants de sève qui se rendent des racines aux feuilles.

» On ne savait rien de précis sur les causes de leur apparition dans les tiges à l'état normal. J'ai été amené à étudier cette question à la suite de mes observations sur les Ailantes malades des plantations parisiennes.

---

[1] M. Jaboulay, *Relations des nerfs optiques avec le système nerveux central* (*Thèse* pour l'agrégation. Faculté de Médecine de Paris, 1886, 1 vol., p. 86). Pages 16 et suiv., citation du professeur Pierret.

» J'avais constaté ([1]) que les arbres de cette essence, croissant dans un sol insuffisamment aéré et plus ou moins languissants, présentaient des couches annuelles très minces et des vaisseaux obstrués par d'abondants dépôts gommeux, tandis que les Ailantes croissant dans un sol meuble et bien aéré, comme l'est celui du Jardin botanique de l'École de Pharmacie, présentent des couches annuelles trés épaisses et des vaisseaux entièrement dépourvus de thylles gommeuses.

» Grâce à la bienveillance de M. Guignard, qui m'a autorisé à utiliser un des Ailantes destiné à être abattu, j'ai pu réaliser l'expérience suivante :

» Sur une grosse branche j'ai foré un trou de 6^{cm} à 7^{cm} de longueur allant jusqu'au centre; j'ai mastiqué dans l'orifice un petit tube d'acier qui, par l'intermédiaire d'un tube de plomb, a été mis en communication avec une trompe à mercure placée au pied de l'arbre. L'ajutage de cette trompe était assez étroit pour débiter le mercure goutte à goutte, et le réservoir assez grand, de sorte qu'il suffisait de renouveler le mercure une ou deux fois par jour pour assurer un débit constant. Cette trompe pouvait réaliser dans le tronc de l'arbre une raréfaction à peu près constante de $\frac{2}{3}$ d'atmosphère. Elle a fonctionné, sauf une interruption de quelques heures, pendant un mois, du 16 mars au 17 avril, grâce au concours qu'a bien voulu me prêter M. Demilly, jardinier en chef de l'École.

» Au terme de l'expérience, le trou a été bouché et l'arbre abandonné à lui-même jusqu'à l'automne, époque de l'abatage. On a scié la branche forée et on l'a abandonnée à la dessiccation dans l'air.

» Le bois étant sec, j'ai fait débiter le tronçon mis en expérience en rondelles de 1^{cm} d'épaisseur et j'ai examiné la structure du bois. Contrairement à ce que j'ai observé dans tous les Ailantes de l'École de Pharmacie, les vaisseaux ligneux dans toute la section, même dans les régions opposées au trou de forage, renfermaient de nombreuses thylles gommeuses. Il paraît difficile d'attribuer cette formation à la blessure faite dans l'arbre, car les régions de la tige les plus éloignées renfermaient encore de la gomme et, d'autre part, l'absence de parasites dans la blessure excluait l'idée d'une excitation provoquée par leur développement.

» Il faut admettre que, sous l'influence de la diminution de pression maintenue dans les vaisseaux pendant un mois, les cellules annexes des vaisseaux ont subi une excitation qui s'est traduite par une formation active de gomme s'extravasant dans les vaisseaux.

([1]) *Sur une maladie des Ailantes dans les parcs et promenades de Paris* (*Comptes rendus,* 1894).

» La formation des thylles gommeuses aurait donc lieu dans les tiges végétant normalement, toutes les fois qu'une dépression se produit pendant un certain temps dans l'atmosphère de la tige. Or, on sait, par les expériences de Hartig, que cette dépression a lieu parfois sous des influences qui restent à déterminer.

» Ayant ainsi reproduit expérimentalement les lésions que j'avais signalées chez les Ailantes malades sans en découvrir la cause, je puis donner sur la production de ces lésions et sur le mécanisme de la mort les explications suivantes : Puisque l'apparition des dépôts gommeux dans les vaisseaux est concomitante de la végétation en sol mal aéré, il est légitime de supposer que les racines n'ont pu développer, par suite d'un commencement d'asphyxie, toutes les radicelles nécessaires à l'entretien du courant d'eau destiné aux feuilles. Ces dernières évaporant plus d'eau que le sol ne pouvait leur en fournir, il s'est produit une raréfaction dans les vaisseaux et, d'après l'expérience que je viens de décrire, une formation abondante de gomme, les dépôts gommeux ralentissant encore le faible courant dirigé vers les feuilles. Cette influence s'accentuant d'année en année, plus ou moins rapidement suivant le degré d'asphyxie des racines, l'arbre a fini par périr après avoir développé des couches ligneuses très minces.

» On comprend ainsi l'intérêt pratique de l'ameublissement du sol dans les plantations.

» Je me propose de continuer ces expériences sur d'autres essences. »

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cultures et formes atténuées des maladies cryptogamiques des végétaux*. Note de M. **Julien Ray**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« La présente Note résume les recherches que nous avons accomplies dans le cours de cette année, relativement aux maladies cryptogamiques des végétaux. Ces recherches sont la suite de travaux publiés par nous sur la même question, dont nous avons entrepris l'étude en nous appuyant sur le principe de la sérothérapie : c'est ainsi que nous nous sommes occupé successivement, depuis 1898, des formes *Botrytis*, — en particulier *B. cinerea*, — d'une maladie bactérienne des Légumineuses, dont le traitement par l'inoculation de formes atténuées nous donna de bons résultats,

et enfin, cette année, de plusieurs parasites appartenant aux groupes des Urédinées et des Ustilaginées.

» A côté de nous, dans la même voie, M. Jean Beauverie vient d'obtenir une très importante indication du meilleur traitement à suivre pour combattre la redoutable maladie de la toile (*B. cinerea*); cet auteur obtient une immunisation radicale des plants de *Begonia* en se servant d'une forme particulière du parasite.

» Nos expériences les plus récentes ont porté sur vingt-cinq espèces parasites : rouilles et charbons des céréales, rouille de l'Églantier, rouille de la Clématite, rouille du Fusain.

» 1° Dans un certain nombre de cas (charbons des Blés, charbons des Avoines, rouille de l'Églantier, rouille du Fusain), nous obtenons des cultures pures du parasite.

» Les milieux de culture employés sont, en première ligne, un bouillon préparé avec la plante dont nous considérons le parasite et solidifié par la gélose, puis ce substratum si favorable au développement des champignons, la Carotte.

» L'obtention d'une culture pure présente un double intérêt ; d'abord il est possible de faire varier l'organisme cultivé en modifiant le milieu nutritif, ce qui peut conduire à des formes atténuées; du reste, une culture artificielle, alors même qu'elle serait pratiquée sur le milieu le plus voisin possible du milieu naturel, ne produit pas, en général, ainsi que nous l'avons constaté, un organisme identique à celui qui détermine la maladie sur la plante vivante : il produit un organisme de virulence moindre.

» En second lieu, il devient plus aisé d'étudier les propriétés morphologiques et physiologiques du parasite. Ajoutons enfin qu'il est fort intéressant, à un tout autre point de vue, d'arriver à faire vivre en saprophyte un parasite aussi étroit qu'une rouille ou un charbon.

» Dans nos cultures pures, le champignon produit un mycélium très abondant, peu différent du mycélium naturel. Ce mycélium est presque entièrement inclus dans la gélose; la surface du substratum, à l'endroit où le parasite s'est développé, ne se distingue du reste de son étendue que par la présence de quelques filaments rampants étroitement appliqués et faisant à peine saillie.

» Les charbons n'ont pas produit de spores, la rouille du Fusain pas davantage, mais la rouille de l'Églantier donne des téleutospores cloisonnées, groupées en bouquets et intérieures au milieu nutritif.

» On avait déjà, depuis bien longtemps, des cultures saprophytes de charbons, mais elles ne se présentaient pas sous une forme aussi voisine de l'état parasite.

» 2° Nous envisageons d'autre part des plantes saines (Blés, Avoines, etc.) et nous les cultivons aussi à l'abri des microbes, quand la chose est possible, ce qui arrive pour les céréales, dont il suffit de jeter des grains stérilisés dans de larges tubes renfermant une dissolution saline appropriée, répandue sur un substratum solide et poreux.

» 3° Les cultures artificielles des parasites fournissent : *a*, des formes atténuées ; *b*, des liquides dont l'emploi est semblable à celui des cultures et qu'on obtient en épuisant ces cultures par l'eau.

» 4° Un certain nombre d'essais de culture sont restés sans résultat.

» Or la plante contaminée étant une culture du champignon, nous avons songé à utiliser cette culture ; en broyant les organes malades, nous préparons un liquide qui est doué d'une activité analogue à celle du parasite et se trouve être, à ce point de vue, modifiable par l'action des températures élevées (40°).

» En somme, nous avons réalisé des cultures artificielles de plusieurs parasites, et obtenu des formes atténuées d'un certain nombre d'entre eux. »

Sur l'affinité des globules rouges pour les acides et les alcalis, et les variations de résistance que leur impriment ces agents vis-à-vis de la solanine. Note de M. E. Hédon.

« Les globules rouges du sang, complètement dépouillés de leur sérum par centrifugation et lavages répétés à l'eau salée, ont la propriété de fixer très énergiquement sur leur substance les acides et les alcalis, en solution NaCl isotonique. Cette fixation se fait sans destruction globulaire, sans diffusion d'hémoglobine, lorsque la quantité d'acide ou d'alcali ne dépasse pas un certain chiffre en rapport avec la quantité de globules employés. C'est ce rapport qui est la condition essentielle, et non le titre des solutions acides ou alcalines.

» Par exemple, si l'on mélange trois gouttes de sang de bœuf à 10^{cc} d'une solution milli-normale d'acide chlorhydrique (dans eau salée), les globules se déposent inaltérés, et le liquide surnageant est parfaitement incolore. Mais une seule goutte de sang dans 10^{cc} de la même solution subit une hémolyse partielle, et les globules deviennent

noirâtres (formation de méthémoglobine); il en est de même si l'on dépose trois gouttes dans 25^{cc} de la solution.

» Pour la conservation des globules dans une solution acide, ce n'est donc pas le titre de la solution qui importe, mais bien la quantité absolue d'acide et le rapport de cette quantité à celle des globules. Dans une solution acide même encore plus diluée, les globules se détruiront si le volume de la solution (c'est-à-dire la quantité d'acide) est trop grand relativement au nombre des globules. Cela tient à leur affinité pour l'acide. De là résulte que l'on peut ajouter à des globules des solutions acides de concentration relativement forte sans les détruire, pourvu que cette addition soit faite lentement, en agitant continuellement le mélange (de manière que l'acide se répartisse également entre chaque globule), et qu'un rapport convenable entre la quantité d'acide ajoutée et la quantité de globules soit observé, c'est-à-dire, en d'autres termes, pourvu que l'on ne dépasse pas la capacité d'absorption des globules pour l'acide.

» Effectivement on peut, par exemple, ajouter dans ces conditions 10^{cc} d'acide chlorhydrique centi-normal ou 1^{cc} d'acide déci-normal (en solution NaCl) à 5^{cc} de sang de lapin dont le sérum a été remplacé par de l'eau salée. De même, on peut ajouter 80^{cc} d'acide chlorhydrique ou sulfurique centi-normal à 20^{cc} d'un dépôt de globules de bœuf lavés à l'eau salée. Si l'on centrifuge alors les globules, on voit que le liquide surnageant est parfaitement incolore et que, de plus, il a perdu toute acidité.

» Si la proportion d'acide a été trop grande, le liquide surnageant est teinté par l'hémoglobine et, de plus, présente une réaction acide.

» Dans les solutions acides, les globules prennent donc tout l'acide sans se détruire, et ils ne commencent à subir l'hémolyse que lorsqu'il reste dans le milieu un reliquat d'acide qu'ils ne peuvent fixer. Une fois imprégnés, les globules retiennent énergiquement l'acide, et l'on peut les laver à l'eau salée un très grand nombre de fois sans leur en faire perdre une quantité appréciable. Les globules se comportent de la même façon vis-à-vis de tous les acides, et les quantités des divers acides qu'ils sont capables de fixer dépend de la valence en acidité de ces substances. C'est ainsi qu'une masse donnée de globules supporte le mélange avec des quantités équivalentes en acidité d'acide citrique, lactique, tartrique, oxalique, succinique, benzoïque, salicylique. Les sels acides (comme le phosphate de sodium monobasique) se fixent aussi sur les globules, et sont moins nocifs que les acides libres, de telle sorte qu'ils peuvent être ajoutés en plus grande proportion et qu'un excès d'acidité du milieu n'amène pas la diffusion de

l'hémoglobine. Les globules présentent encore une affinité de même ordre pour les amines acides (glycocolle, asparagine) [1].

» Ce qui vient d'être dit des acides, s'applique également aux alcalis. Mélangés en proportion convenable à des solutions de soude (sans eau salée), les globules s'emparent de tout l'alcali et l'on peut les laver ensuite plusieurs fois à l'eau salée sans leur faire perdre une quantité appréciable de la soude qu'ils ont retenue.

» Les globules ainsi impressionnés par les acides et les alcalis présentent maintenant une modification remarquable de leur perméabilité pour un des poisons les plus fortement hémolytiques, la solanine. D'une solution de sulfate neutre de solanine à 0,1 pour 100, il suffit, par exemple, d'ajouter $0^{cc},3$ à 10^{cc} d'eau salée, pour que cinq gouttes de sang de bœuf *se laquent* dans ce milieu en quelques secondes. Mais la présence d'une petite quantité de phosphate acide de soude dans la solution empêche complètement l'hémolyse, comme Pohl l'a constaté. Or le mécanisme de cette action antitoxique est le suivant : les globules, en raison de leur affinité pour les substances acides, absorbent instantanément le phosphate acide de soude, et, ainsi modifiés, deviennent impénétrables à la solanine. Imprégnés de ce sel, puis centrifugés et lavés à maintes reprises à l'eau salée, ils gardent leur immunité. Mélangés alors, même en très grande quantité, à une solution toxique limite de solanine, ils n'enlèvent rien à celle-ci de sa toxicité pour les globules normaux [2]. Cette action antitoxique n'est pas spéciale aux sels acides, mais se montre aussi, quoique à un moindre degré, pour tous les acides libres et les amines acides, pourvu que la quantité d'acide fixée par les globules soit suffisante.

» Inversement, les alcalis favorisent puissamment l'hémolyse par la solanine. Une solution hypotoxique de solanine pour les globules normaux devient immédiatement hémolytique, lorsqu'on lui donne un léger degré d'alcalinité. D'autre part, des globules impressionnés par la soude, puis centrifugés et lavés à plusieurs reprises à l'eau salée, se

(1) Telle est la façon dont les globules se comportent vis-à-vis des acides en milieu salin isotonique. Je rappelle seulement ici que, dans les solutions de non-électrolytes (sucres), ils présentent de plus le phénomène de l'agglutination (*Comptes rendus*, août 1900).

(2) Il n'en est pas de même lorsque l'hémolyse a lieu : en se détruisant, les globules forment avec la solanine un composé qui n'est plus toxique pour de nouveaux globules.

détruisent instantanément dans des solutions de solanine hypotoxiques pour des globules normaux. Non seulement les alcalis libres, mais encore les sels alcalins possèdent cette action favorisante sur l'hémolyse, et, parmi ces derniers, ceux-là même qui n'ont point à eux seuls de toxicité appréciable pour le sang, comme le citrate de soude.

» Traités par un acide, les globules acquièrent donc une certaine *immunité* vis-à-vis de la solanine; traités par un alcali, ils sont, au contraire, *sensibilisés*. Dans ce cas particulier, l'action antitoxique de l'acide et l'action sensibilisatrice de l'alcali relèvent toutes deux d'une modification de la cellule sensible et non point d'une modification de la substance toxique. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nutrition azotée de la levure*. Note de M. **Pierre Thomas**, présentée par M. Roux.

« La plupart de ceux qui ont étudié l'assimilation de l'azote par la levure ont choisi comme aliment azoté l'asparagine; ils n'ont apporté que des résultats contradictoires et peu de faits précis, parce qu'ils ont confondu deux phénomènes distincts, mais superposés, à savoir la vie de la levure en tant que végétal et la fermentation alcoolique proprement dite, c'est-à-dire le dédoublement du sucre sous l'influence de la zymase.

» J'ai essayé d'éviter cet écueil en amplifiant autant que possible l'action de l'aliment azoté étudié sur la levure végétale, et en éliminant l'action sur le pouvoir ferment de la levure; on peut arriver à ce résultat, d'une manière plus ou moins approchée, en modifiant l'aération de la culture, la concentration en sucre du liquide fermentescible et la quantité de levure employée pour l'ensemencement.

» Afin d'avoir des résultats précis, et pour éviter d'introduire dans les fermentations des substances mal définies, indosables, dont l'action propre se superposerait à celle des corps étudiés, j'ai employé un milieu minéral sucré, auquel j'ajoutais des poids connus de substances azotées parfaitement pures.

» Il va sans dire que ces expériences ont été faites avec des levures pures et des milieux stérilisés au préalable, de manière à se mettre à l'abri de toute contamination accidentelle.

» Voici la marche adoptée :

» La solution minérale, faite avec de l'eau ordinaire (qui apporte avec elle une cer-

taine proportion de chaux utile à la levure), contient 2,5 pour 1000 de phosphate bipotassique PO^4K^2H et 0,5 pour 1000 de sulfate de magnésie. On y dissout une certaine quantité de glucose pur (et non de saccharose, pour éviter à la levure l'interversion de ce dernier), et on l'introduit par portions de 300^{cc}, mesurées exactement, dans des ballons à fond plat et à tubulure latérale, où elle occupe une épaisseur de moins de 1^{cm}. Après stérilisation à l'autoclave, on introduit aseptiquement la quantité convenable d'une solution de la substance azotée en expérience, préalablement filtrée à la bougie Chamberland. Cette précaution est nécessaire, parce que la plupart des amides sont hydrolysées par le chauffage de leurs solutions à l'autoclave.

» D'autre part, on prépare une culture pure de levure dans un milieu quelconque, tel que l'eau de touraillons sucrée. Lorsque la fermentation est terminée, la levure se dépose; on la lave, on la délaye dans un peu d'eau stérile et l'on ensemence avec une quantité exactement mesurée de cette émulsion de levure. Une quantité égale étant versée sur un filtre taré, on peut, après lavage et dessiccation à 105° jusqu'à poids constant, connaître la quantité de levure ensemencée.

» Après fermentation, on filtre sur un filtre taré, on lave la levure sur le filtre avec une quantité d'eau déterminée, et l'on complète le liquide filtré à 500^{cc}. Il devient dès lors facile de connaître les variations du sucre et de l'azote par comparaison avec le témoin.

» Lorsqu'il s'agit de faire des expériences de comparaison, les ballons sont ensemencés avec la même quantité de levure et placés dans une étuve à température réglée.

» En opérant de la manière indiquée, on trouve les résultats suivants :

» 1° Lorsqu'on offre à la levure l'azote sous forme d'urée, pour des teneurs en sucre voisines de 10 pour 100, la fermentation est lente, l'assimilation de l'azote reste faible et la levure formée est pauvre en azote

» 2° Si, les conditions restant les mêmes que pendant l'expérience précédente, on porte la proportion de sucre à 20 pour 100, la fermentation devient très rapide; le poids de levure est beaucoup plus grand, la quantité d'azote assimilée augmente beaucoup, la levure est plus riche en azote.

» 3° Si, toutes choses égales d'ailleurs, on introduit dans plusieurs ballons des quantités d'urée proportionnelles aux nombres 1, 2, 3, etc., on observe que la quantité de levure formée tend vers un maximum, ainsi que la quantité d'azote assimilée; il en est, par conséquent, de même de la teneur centésimale de la levure en azote. Lorsque ce maximum est atteint, des quantités de plus en plus grandes d'urée ne produisent aucune action. La valeur du maximum paraît dépendre de la quantité de levure ensemencée et de la nature de l'aliment azoté. Ster [1] a signalé récemment un fait tout à fait analogue avec l'asparagine.

» 4° Lorsqu'on substitue à l'urée le sel ammoniacal correspondant, c'est-à-dire le bicarbonate d'ammoniaque, on voit que la concentration de 20 pour 100 de sucre est également la plus favorable pour une bonne assimilation de l'azote. En augmentant les doses de ce sel ammoniacal, il y a augmentation dans le même sens du poids de

---

[1] *J. of the chem. Soc.*, juillet 1901.

levure et surtout de l'azote assimilé, ainsi que de la richesse de la levure en azote. Cette augmentation n'est pas indéfinie, mais tend vers un maximum beaucoup plus élevé que celui qui a été signalé plus haut avec l'urée.

» 5° On peut tirer de ces expériences la conclusion suivante : c'est que la richesse centésimale de la levure en azote est très variable, car elle varie avec la nature de l'aliment azoté. Elle ne paraît pas être en rapport direct avec le pouvoir ferment de la levure comme le pense Hayduck ([1]).

» 6° Dans le cas du mélange de deux aliments azotés différents, le problème est plus complexe. On sait déjà, par les expériences de M. Duclaux, que dans le moût de raisin la levure s'empare de préférence de l'azote ammoniacal, et M. Laborde a montré que l'azote organique du moût est à peine touché dans ce cas.

» Il semble que l'ammoniaque soit en effet nécessaire à la levure, même lorsque celle-ci peut disposer abondamment d'une autre forme d'azote; cependant, à partir d'une certaine dose d'ammoniaque, il y a assimilation simultanée de l'azote sous les deux formes.

» Quatre ballons ont reçu chacun 140^{mgr} d'azote sous forme d'acétamide, dissoute dans le liquide minéral à 20 pour 100 de sucre; les trois derniers ont reçu des quantités d'acétate d'ammoniaque proportionnelles aux nombres 1, 2 et 4. La fermentation a duré cinq jours.

	Glucose.	Poids de levure.	Azote de la levure.	Azote pour 100 de la levure.	Azote ammoniacal. au début.	Azote ammoniacal. à la fin.
	gr	gr	mgr		mgr	mgr
Témoin....	64,52	0,0334	3,08	9,21	0	0
1	56,82	0,1641	3,85	2,34	0	0
2	28,73	0,4875	18,90	3,87	19,6	0
3	5,88	0,9339	33,36	3,57	39,2	11,7
4	Traces	0,9019	53,90	5,98	78,4	35,0

» Ces poids sont rapportés au volume total du liquide d'un ballon. On voit que l'acétamide, à peine assimilée dans les ballons 1 et 2, l'est nettement dans les ballons 3 et 4, où il y a un excès d'acétate d'ammoniaque non utilisé. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Influence de la lécithine sur les échanges nutritifs.* Note de M. G. Carrière, présentée par M. Bouchard.

« Depuis que Danilewsky et Serono ont affirmé l'influence favorable de la lécithine sur la croissance et le développement des plantes et des animaux, on a vulgarisé l'usage thérapeutique de cette substance.

» Desgrez et Zaky avaient déjà signalé les modifications avantageuses que la lécithine fait subir aux échanges nutritifs, lorsque Gilbert et Four-

([1]) *Zeits. f. Spiritus Ind.*, 1880 et suivants.

nier préconisèrent l'emploi de ce médicament comme stimulant de la nutrition. Seul, E. Wildiers a contesté les résultats obtenus, dans une Note à laquelle MM. Desgrez et Zaky viennent de répondre, il y a quelques jours, en se basant sur l'expérience *in anima vili*.

» Possédant déjà quelques notes sur l'action de la lécithine dans l'organisme humain, je crois devoir les publier à l'appui de ce que viennent d'affirmer les deux savants. Ainsi, nous pourrons comparer ce qui se passe chez l'homme à ce qui se passe chez l'animal.

» I. *Action sur le poids.* — Administrée à des enfants normaux, la lécithine a produit de notables augmentations de poids. L'augmentation va diminuant, comme si la lécithine perdait de son action au fur et à mesure que l'organisme s'y habitue.

» Le Tableau suivant prouve ce que nous avançons :

	Age.	Avant.	1 mois.	2 mois.	3 mois.	5 mois.	6 mois.
Pierre M......	3 ans	12500	12700	12580	13050	13150	13225
Jean R........	3 ans	12350	12270	12460	12510	12620	12705
Jules G.......	5 ans	15500	15650	15815	15955	16160	16310
Marie N.......	5 ans	15615	15855	15998	16040	16190	16328
Jeanne C......	8 ans	20450	20610	20764	20909	21049	21180
Antonin P.....	8 ans	20375	20590	20750	20907	21061	21208

» II. *Action sur la taille.* — Chez les sujets soumis à la lécithine, la taille augmente plus que chez les sujets qui n'en prennent pas.

» Le Tableau suivant en fait foi :

	Age.	Taille avant.	Six mois après.	Moyenne d'augmentation par mois.	Augmentation normale.
Pierre M.....	3 ans	0,88	0,99	0,11	0,04
Jean R.......	3 ans	0,86	0,95	0,09	0,04
Jules G.......	5 ans	1,00	1,07	0,07	0,03
Marie N......	5 ans	1,05	1,10	0,05	0,03
Jeanne C.....	8 ans	1,10	1,18	0,08	0,03
Antoine P....	8 ans	1,15	1,21	0,06	0,03

» III. *Action sur le sang.* — Sous l'influence de la lécithine, on voit se produire des modifications du sang.

» *a.* Le nombre des hématies augmente.

» *b.* La richesse hémoglobique varie peu.

» *c.* Le nombre des hématoblastes augmente.

» *d.* Le nombre des leucocytes augmente un peu. La formule hémoleucocytaire reste la même.

» IV. *Action sur la composition des urines.* — En s'entourant des précautions les plus rigoureuses en ce qui concerne le régime, de manière à éviter les modifications urinaires dues à cette cause, j'ai pu constater :

» 1° Que la quantité des urines n'est pas modifiée;

» 2° Que la réaction reste acide, que l'acidité est légèrement diminuée;

» 3° Que le taux de l'urée augmente beaucoup pendant les premières semaines, puis cette augmentation devient de moins en moins notable. Au sixième mois, le taux de l'urée est à peu près normal.

» 4° L'azote total augmente de la même façon pour rester au chiffre normal après cinq à six mois.

» 5° Le coefficient d'utilisation azotée, d'abord très élevé, reste ensuite normal à partir du cinquième mois.

» 6° L'acide phosphorique diminue les trois premiers mois, puis remonte ensuite au chiffre normal.

» 7° Les sulfates ne sont pas modifiés. »

M. A. **Davidovsky** adresse une Note relative à un nouvel aérostat.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures un quart.

M. B.